



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

.

.

.

.

JAHRBÜCHER

=

für

wissenschaftliche Botanik

Begründet

von

Professor Dr. N. Pringsheim

herausgegeben

von

W. Pfeffer

Professor an der Universität Leipzig

und

E. Strasburger

Professor an der Universität Bonn

Dreilundvierzigster Band

Mit 5 lithographierten Tafeln, 1 Kurve und 82 Textfiguren.

Leipzig

Verlag von Gebrüder Borntraeger

1906

	Seite
Friedrich Czapek. Die Wirkung verschiedener Neigungslagen auf den Geotropismus parallelotroper Organe. Mit 2 Textfiguren	145
Heft 2; ausgegeben im August 1906.	
Alexander Artari. Der Einfluß der Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. II. Mit einer Kurve im Text	177
Vorwort	177
I. Versuche mit <i>Chlorella communis</i> n. sp.	179
1. Einleitendes	179
2. Der Nährwert verschiedener Stickstoffquellen	180
3. Der Nährwert verschiedener Kohlenstoffquellen	185
4. Vergleichende Übersicht der <i>Chlorella</i> -Arten	188
5. Zur Frage der physiologischen Rassen und Arten von <i>Chlorella</i>	189
6. Versuche mit verschiedenen Konzentrationen von Nährstoffen	190
A. Konzentrationen der Stickstoffverbindungen	190
B. Konzentrationen der Zuckerarten	192
C. Konzentrationen der Dikaliumhydro- und Kaliumdihydrophosphate [K_2HPO_4 und KH_2PO_4]	198
D. Konzentrationen des Natriumchlorides [$NaCl$]	199
E. Konzentrationen des Magnesiumsulfats [$MgSO_4$]	199
F. Konzentrationen der allgemeinen Nährlösung	200
II. Versuche mit <i>Stichococcus bacillaris</i>	201
1. Konzentrationen der Stickstoffverbindungen	201
2. Konzentrationen der Zuckerarten	201
3. Konzentrationen der Kaliumdihydro- und Dikaliumhydrophosphate	204
4. Konzentrationen des Natriumchlorides	205
5. Konzentrationen des Magnesiumsulfats	206
III. Versuche mit Flechtengonidien aus <i>Xantheria parietina</i>	206
IV. Zusammenfassung der wichtigsten Resultate	208
Literaturverzeichnis	213
Hans Kniep. Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien	215
I. Einleitung	215
II. Versuchsmaterial und Methodik	220
III. Experimenteller Teil	225
1. Versuche mit <i>Bazillus z</i>	225
2. Versuche mit <i>Spirillum rubrum</i>	237
IV. Allgemeines	255
Hermann Bücher. Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Mit 40 Abbildungen im Text	271
Einleitung	271
A. Allgemeiner Teil	274
I. Einfache Wirkungen	274
II. Kombinierte Wirkungen	289
III. Anschließende Beobachtungen	298
Zusammenfassung der Resultate	304

Inhalt.	V Seite
B. Experimentelle Belege	307
I. Einfache Wirkungen	307
1. Horizontale Zwangslage (Versuch 1—6)	307
2. Eingegipste Objekte in horizontaler Zwangslage (Versuch 7)	315
3. Intermittierende Reizungen antagonistischer Flanken horizontaler Objekte (Versuch 8—11)	317
4. Versuche mit gekrümmten Objekten am Klinostaten (Versuch 12—17)	322
5. Versuche mit Längsdruck auf Hypokotyle von <i>Ricinus</i> (Ver- such 18)	327
II. Kombinierte Wirkungen	330
1. Gleichsinnige Wirkungen (Versuch 19—29)	331
2. Antagonistische Wirkungen (Versuch 30—39)	342
3. Erfolge bei rechtwinkligem Aufeinanderwirken von Schwerkrafts- und Krümmungsreiz (Versuch 40—44)	349
4. Versuche mit Eingipsen gekrümmter Sprosse (Versuch 45)	353
5. Versuche mit gespaltenen Objekten (Versuch 46—48)	354
III. Anschließende Beobachtungen	357
a) Verhinderung der heliotropischen Krümmung durch vertikale Zwangslage (Versuch 49)	357
b) Horizontalzug mit einseitiger Belichtung kombiniert (Versuch 50)	358
Literaturverzeichnis	359

Heft 3; ausgegeben im Oktober 1906.

Friedrich Czapek, unter Mitwirkung von Rudolf Bertel. Oxydative Stoff- wechselvorgänge bei pflanzlichen Reizreaktionen (zwei Abhandlungen)	361
I. Allgemeine Orientierung	361
II. Die Silber reduzierende Substanz der Wurzeln von <i>Lupinus albus</i>	369
III. Die Oxydase der Wurzelspitze und die Hemmung ihrer Wirkung nach geotropischer Reizung des Organs	380
IV. Die Antifermentreaktion läßt sich nur im Verlaufe tropistischer Reiz- erscheinungen beobachten	403
Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	417
V. Welche Tropismen sind von Homogentisinsäure-Ansammlung und von Antifermentreaktion begleitet?	419
a) Phototropismus	420
b) Hydrotropismus	432
VI. Die Stoffwechselvorgänge in der geotropischen Reizreaktion: Ihr all- gemeiner Verlauf	436
VII. Verhalten geotropisch reizbarer Pflanzen auf dem Klinostaten	452
VIII. Die Lokalisation der geotropischen Perzeptionsfähigkeit bei Keimwurzeln Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	456 465
E. Giltay. Über die Bedeutung der Krone bei den Blüten und über das Farben- unterscheidungsvermögen der Insekten. II. Mit 3 Textfiguren	468
Versuche mit <i>Pelargonium</i> im Jahre 1905	474
Zusammenfassung für <i>Pelargonium</i>	482
Versuche mit der Klatschrose	483

	Seite
Allgemeine Resultate über die Klatschrose	497
Einige allgemeine Resultate der Versuche mit Bienen	498

Heft 4; ausgegeben im November 1906.

B. Nemec. Die Symmetrieverhältnisse und Wachstumsrichtungen einiger Laub-	
moose. Mit 33 Textfiguren	501
I. <i>Fissidens</i>	502
II. <i>Dicranum scoparium</i>	554
Literatur-Verzeichnis	578
 Eduard Strasburger. Über die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und	
Schraubenbäumen. Mit 3 Tafeln	580
Figuren-Erklärung	627

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel I und II. Pleomorphismus, Auxosporen und Dauersporen bei *Melosira*-Arten
Otto Müller.

Tafel III—V. Über die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und Schrauben-
bäumen. Eduard Strasburger.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Alexander Artari. Der Einfluß der Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. II. Mit einer Kurve im Text	177
Hermann Bücher. Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Mit 40 Abbildungen im Text	271
Friedrich Czapek. Die Wirkung verschiedener Neigungslagen auf den Geotropismus parallelotroper Organe. Mit 2 Textfiguren	145
Friedrich Czapek, unter Mitwirkung von Rudolf Bertel. Oxydative Stoffwechselvorgänge bei pflanzlichen Reizreaktionen (zwei Abhandlungen)	361
E. Giltay. Über die Bedeutung der Krone bei den Blüten und über das Farbenunterscheidungsvermögen der Insekten. II. Mit 3 Textfiguren	468
Hans Kniep. Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien	215
Otto Müller. Pleomorphismus, Auxosporen und Dauersporen bei <i>Melosira</i> -Arten. Mit Tafel I und II und 3 Textfiguren	49
B. Němec. Die Symmetrieverhältnisse und Wachstumsrichtungen einiger Laubmoose. Mit 33 Textfiguren	501
Ernst Pringsheim. Wasserbewegung und Turgorregulation in welkenden Pflanzen	89
Siegfried Simon. Untersuchungen über das Verhalten einiger Wachstumsfunktionen sowie der Atmungstätigkeit der Laubhölzer während der Ruheperiode. Mit 1 Textfigur	1
Eduard Strasburger. Über die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und Schraubenbäumen. Mit Tafel III—IV	580

während der Ruhezeit zu erzielen, gezeigt, daß dies bei sachgemäßer Handhabung der betr. Mittel sowohl zu Beginn wie am Ende der Ruhezeit möglich ist. Jedoch trat auch hier bei sämtlichen Versuchen desto schärfer das Vorhandensein einer autogenen Ruheperiode hervor, welche allerdings bei einzelnen Pflanzen zB. *Salix acutifolia* von relativ kurzer Dauer sein kann, deren Überwindung aber auch mit den angegebenen Mitteln in keiner Weise durchführbar ist.

Dies soeben Gesagte möge zur Erläuterung des Begriffes „Ruheperiode“ genügen. Eine Erklärung der Entstehung derselben soll im folgenden nicht versucht werden und auch bezüglich der hierüber zurzeit herrschenden Ansichten muß auf die einschlägige Literatur¹⁾ verwiesen werden. Die Aufgabe dieser Zeilen soll vielmehr darin bestehen, ein Bild von der Reaktionsfähigkeit der einzelnen physiologischen Partialfunktionen in der Pflanze während der Ruhezeit zu geben und festzustellen, ob die zutage tretenden Hemmungen autogener oder aitiogener Natur sind.

Denn bekanntlich kommen nicht alle physiologischen Funktionen während der winterlichen Ruhezeit in der Pflanze zum Stillstand, sondern sie dauern teils eingeengt teils modifiziert weiter an. Was zB. den Stoffwechsel anbetrifft, so wissen wir durch die grundlegenden Arbeiten von Russow²⁾, Müller-Thurgau³⁾ und A. Fischer⁴⁾, daß sich während des Winters in den Reservestoffbehältern der Holzgewächse und Knollen ein relativ reger Stoffumsatz abspielt. Dementsprechend muß auch von der ruhenden Pflanze eine gewisse Atmungstätigkeit entfaltet werden, die wie zu vermuten in einem bestimmten Verhältnis zum Stoffwechsel stehen wird. Untersuchungen über die Atmung ruhender Kartoffeln von Müller-Thurgau³⁾ machen diese letztere Annahme wahrscheinlich.

Endlich können aber von der Pflanze auch eine Reihe Wachstumsfunktionen während der Ruheperiode realisiert werden. So werden — allerdings nur unter günstigen Außenbedingungen — an den während der Ruhezeit geschnittenen Stecklingen zB. gewisse Knospen

1) Vgl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie 1904, Bd. II, § 61, p. 269 und die dort zitierte Literatur; vergl. auch Berthold, Unters. z. Physiologie d. pflanzl. Organisation 1904, Bd. II, Kap. 5, III bes. p. 251 ff.

2) Sitzber. d. Naturforscher-Ges. Dorpat 1884, Bd. VI, p. 361 und p. 492 usw.

3) Landw. Jahrbücher 1882, Bd. XI, p. 816 und 1885, Bd. XIV, p. 851.

4) Jahrb. f. wiss. Bot. 1891, Bd. XXII, p. 78.

zum Austreiben gebracht und auch die Bildung von Wurzeln kann an solchen Stecklingen, an denen sie normalerweise leicht eintreten pflegt, veranlaßt werden. Ebenso ist das verletzte Cambium imstande auch während der Ruhezeit Callus zu produzieren, also die auf Wundheilung berechneten Reaktionen zu vollziehen.

Während nun die den Stoffumsatz der Holzgewächse betreffenden Tatsachen, soweit es unsere bisher immerhin noch geringen Kenntnisse erlauben, im Zusammenhang dargestellt wurden¹⁾, fehlt eine zusammenfassende Untersuchung über die Realisierbarkeit der einzelnen Wachstumsfunktionen während der Ruheperiode fast vollkommen. Die wenigen Tatsachen, auf welchen zB. die kurzen Bemerkungen in Pfeffers Physiologie²⁾ fußen, finden sich in den später zitierten Untersuchungen über Reproduktionstätigkeit zerstreut und sind in diesen nur beiläufig aufgeführt, da sie mit den speziellen Aufgaben der betreffenden Arbeiten nichts zu tun hatten. Eine Ausnahme macht eine Arbeit von Jost³⁾, in welcher dem Wachstum während der Ruheperiode ein besonderer Abschnitt eingeräumt und hierdurch zum ersten Mal eine einheitliche Behandlung einiger der besagten Erscheinungen ermöglicht wird.

Wenn ich es unternehme, eine Darstellung des Verhaltens der verschiedenen Wachstumsfunktionen der Holzgewächse während der Ruheperiode zu versuchen, so verfolge ich einmal den Zweck, möglichst alles darüber bisher bekannt gewordene, in der Literatur aber verstreute Tatsachenmaterial in einem Rahmen zu vereinigen und hierdurch zu einem einheitlichen Bilde zu verschmelzen. Dann aber wollte ich durch eigene Untersuchungen, welche sich unter anderem auch auf den zeitlichen Verlauf der einzelnen Reaktionen während der Dauer der Ruheperiode beziehen, Ergänzungen zu dem bisherigen bringen. Auf diese Weise wird es ermöglicht die Ruheperiode von einem ganz anderen Gesichtspunkte aus wie bisher zu betrachten. Sie erscheint uns dann nicht mehr als ein Zeitabschnitt vollkommener Untätigkeit, sondern lediglich als ein solcher, während dessen nur bestimmte Wachstumsfunktionen infolge der Konstellation innerer Bedingungen zum Stillstand gekommen sind, wogegen die Mehrzahl der physiologischen Funktionen,

1) A. Fischer, Jahrb. f. wiss. Botan. 1891, Bd. XXII, p. 73. Niklewski, Beihefte z. Bot. Centralbl. 1905, Bd. 19, Abt. I, p. 68.

2) II. Aufl. Bd. II, p. 264 ff.

3) Bot. Ztg. 1898, Bd. LI, p. 89 u. f.

sofern nicht Hemmungen infolge der Außenbedingungen hinzukommen, ihren Fortgang nehmen.

Für diese Anschauungsweise liefert auch der zweite Abschnitt dieser Arbeit, in welchem ich die Atmung der Holzgewächse während der Hauptphasen des Jahres behandelt habe, weiteres Material. Diese letztere Partialfunktion war bisher während der Winterruhe kaum studiert worden und es fehlten deswegen einigermaßen genaue Angaben fast vollkommen. Die wenigen Untersuchungen über die Atmung während der Ruhezeit beziehen sich lediglich auf Knollen (Kartoffeln) und immergrüne Blätter, dagegen sind Holzgewächse nur gelegentlich und ungenügend behandelt. Die Untersuchungen konnten von mir nur in begrenztem Umfange angestellt werden und ich mußte auf die Entscheidung einer Reihe weiterer Fragen, welche sich im Laufe der Arbeit zB. bezüglich der Regulation der Atmung aufdrängten, verzichten. Doch werden die gewonnenen Resultate vorläufig zur Entscheidung der Hauptfrage genügen, denn sie werden zeigen, wie wenig die Atmungstätigkeit von der Ruheperiode in Mitleidenschaft gezogen wird. Ein genaues Verständnis der ermittelten Tatsachen dürfte jedoch erst ermöglicht werden, sobald uns eine klarere Einsicht in die Stoffwechselverhältnisse der ruhenden Organe gelingen wird. Doch weisen die Vergleiche der erhaltenen Atmungsergebnisse mit denen von den genannten Autoren über den Stoffwechsel angegebenen schon jetzt darauf hin, daß die Atmung fraglos in enger Abhängigkeit von der Menge disponibler, veratembarer Reservesubstanz steht.

I. Die Wachstumsfunktionen.

1. Knospenwachstum.

Bei der Betrachtung der Wachstumsleistungen der einzelnen Organe während der Ruheperiode liegt es nahe, mit denjenigen der im vorhergehenden Sommer produzierten Knospen zu beginnen. Die Unfähigkeit derselben, während eines gewissen Abschnittes des Winters selbst unter den günstigsten Bedingungen eine deutliche Wachstumstätigkeit zu entfalten, hat den Anlaß zur Aufstellung der Bezeichnung „Ruheperiode“ gegeben. Hierzu kam dann noch, daß man fälschlich annahm, diese äußerliche Untätigkeit spiegele gleichzeitig den Zustand des ganzen Organismus wieder. Genaue Untersuchungen ergaben dann allerdings, daß die Ruhe der Knospen

nicht so vollkommen ist. So zeigte Askenasy¹⁾, daß selbst während der eigentlichen Ruhezeit im Freien eine, wenn auch geringe, so doch meßbare Gewichtszunahme der Knospen der Süßkirsche stattfindet. Diese Massenzunahme ist allerdings vom Ende Oktober bis Anfang Dezember, also in der Hauptphase der Ruheperiode, tatsächlich gleich Null. Die weiteren Versuche dieses Autors den Einfluß der Wärme auf das Wachstum der Knospen zu ermitteln setzen leider erst Anfang Dezember ein, gestatten also noch kein Urteil, ob der angegebene Wachstumsstillstand autogener oder nur aitiogener Natur ist. Doch weisen auf eine autogene Hemmung schon die Untersuchungsergebnisse²⁾ der Knospen hin, welche 16 Tage (vom 4. Dez. ab) in der Wärme verweilten und dort ein nur minimales Wachstum zeigten, während bei den Knospen der anfangs Januar eingestellten Zweige bereits nach 14 Tagen eine Längenzunahme von ungefähr 300% zu verzeichnen war.

Küster³⁾ wiederholte die Untersuchungen Askenasys an einer Reihe im Freien befindlicher Holzgewächse (*Acer*, *Populus*, *Alnus*, *Pinus* usw.) und konnte dessen Resultate bezüglich der Massenzunahme der Knospen im Winter bestätigen. Auf Grund genauer anatomischer Untersuchungen konnte er außerdem zeigen, daß die Größenzunahme der Knospen durch Vergrößerung der im Herbst angelegten Achsen und Blattteile vor sich geht, daß aber eine Neubildung von Organen am Sproßscheitel im allgemeinen nicht stattfindet. Dagegen konnte dieser Autor gelegentlich an den bereits angelegten Achselknospen der Hauptknospen eine Neubildung von Blattanlagen nachweisen. — Man kann demnach nach diesen Untersuchungen von einem eigentlichen ausgiebigen Wachstum der soeben behandelten Knospen während einer für jede Art bestimmten Periode des Winters nicht sprechen, vor allem da dasselbe, wie schon aus den kurzen Angaben Askenasys hervorgeht, durch Darbietung einer optimalen Temperatur nicht ersichtlich verstärkt werden kann.

Dies zuletzt Gesagte bezieht sich aber nur auf die großen,

1) Bot. Ztg. 1877, Bd. 35, p. 793. — Die noch früher erschienenen Untersuchungen von Geleznoff (Bull. de la soc. des Naturalistes de Moscou 1851, Nr. III; Ref. in Flora 1853, p. 480) können hier übergangen werden, da sie nur den kleineren Teil der Ruheperiode (Januar—April) behandeln.

2) a. a. O., p. 825.

3) Fünfstück, Beitr. z. wiss. Botanik 1898, Bd. II, 2, p. 401, 413.

gelangt wären, sondern kleine, basale, womöglich mehrjährige etc.“ Jost hat also die Basalknospen und die mehrjährigen Knospen gleichzeitig behandelt und daher versäumt, auf die fundamentalen Unterschiede zwischen beiden hinzudeuten.

Auch Berthold¹⁾, der neuerdings in anderem Zusammenhang gezeigt hat, daß an Stecklingen jederzeit ein Austreiben der Knospen stattfinden kann, läßt das Alter dieser Knospen ganz unberücksichtigt. In seinen Ansführungen scheint es sich aber nur um die mehrjährigen Knospen zu handeln.

Tatsächlich haben wir aber streng zwischen den genannten Basalknospen und den mehrjährigen Knospen zu unterscheiden; denn die ersteren sind im vorhergehenden Sommer gebildete Knospen, die aber nicht die gleiche Höhe der Entwicklung erreicht haben wie die übrigen. Daher scheint ihnen auch zum Teil die Hemmungs-
vorrichtung, welche allen übrigen gleichaltrigen Knospen zukommt, ganz oder teilweise zu fehlen. Irgendwelche Hemmungs-
vorrichtungen²⁾, über deren Natur jedoch nicht zu diskutieren ist, müssen wir schon annehmen, und zwar ist zu vermuten, daß ihre definitive Ausbildung erst nach der Beendigung der morphologischen Ausbildung der Knospe erreicht wird. Denn wir wissen ja, daß durch verschiedene Mittel (Äther, Entblättern) in der Vorruhe noch ein Austreiben der jungen Knospen veranlaßt werden kann³⁾; es kann demnach zu dieser Zeit eine völlige Ausbildung der Hemmungs-
vorrichtung noch nicht eingetreten sein.

Vermutlich ist nun bei vielen Basalknospen die Sachlage derartig, daß es mit der weniger vollkommenen morphologischen Ausbildung der Knospen auch nicht zur definitiven Herstellung der Hemmungseinrichtung kommt, so daß günstige äußere Bedingungen dieselbe überwinden können.

Um das Verhalten der Basalknospen besser veranschaulichen zu können, möchte ich dasselbe durch ein Beispiel erläutern. Zu

1) Unters. z. Physiologie d. pflanzl. Organisation 1904, Bd. II, p. 231.

2) Vgl. hierüber Berthold, a. a. O., p. 229; Klebs, Willkürliche Entwicklungs-
änderungen 1903, p. 137. Ähnliche Gedanken schienen auch schon Askenasy (a. a. O.
p. 825) vorzuschweben.

3) Eine ähnliche Erscheinung wie die Knospen in der Vorruhe zeigen übrigens auch unreife Samen, welche oft schneller keimen, als reife Samen, die erst eine Ruhezeit durchmachen müssen (vgl. Johannsen, a. a. O., p. 9). Gleiche Resultate erhielt auch Klebs (a. a. O., p. 137) und vor ihm B. Schmidt (Ber. Bot. Ges. 1901, Bd. XIX, p. 76) mit wenig ausgereiften Kartoffeln, die bereits 14 Tage nach dem Auslegen Triebe bildeten.

zelnen Knospe lokalisierte Hemmungseinrichtungen¹⁾ müssen wir schon vermuten. Würden wir dies nicht tun und dafür eine allgemeine Ruhe aller Organe annehmen, so wäre dies vereinzelter Austreiben der Knospen gar nicht erklärbar.

Wir können sogar noch weitergehen und behaupten, daß nicht einmal alle Wachstumsfunktionen in einer Knospe gleichmäßig von der Hemmung betroffen werden. Dies zeigten mir Zweige derjenigen Versuchsreihe von *Syringa*, bei welcher die großen Knospen entfernt waren. Denn überall, wo bei diesen die bereits fertigen Seitenknospen nicht beschädigt waren, trieben die letzteren in längstens 4 Wochen aus²⁾. Schließlich will ich schon jetzt daran erinnern, daß bei Verwundung während der Ruhezeit von allen lebenden Geweben der Knospe reichlich Callus produziert wird. Werden einsömmrige Knospen einer Reihe Holzgewächse (zB. *Tilia*, *Aesculus*, *Syringa*) vom Aste abgetrennt und in einer feuchten Kammer aufbewahrt, so bilden sie an der Schnittfläche schnell und reichlich Callus³⁾ und zwar geschieht dies bei Beginn der Ruheperiode wenig langsamer wie kurz vor Entfaltung der Knospen. Ein Wachstum dieser isolierten Knospen findet übrigens während der eigentlichen Ruheperiode nicht statt. — Die angenommene Hemmung besteht demnach nur für das Wachstum der Hauptachse der Knospe, während für das Wachstum der Nebenorgane und selbst für dasjenige der einzelnen Gewebe (bei der Callusbildung) kein Hindernis vorliegt.

Von einem andern Gesichtspunkte aus müssen wir das Austreiben der mehrjährigen sog. schlafenden Knospen während der Ruheperiode betrachten. Diese gehen, wie schon gesagt, entweder wie zB. beim Flieder aus den ehemaligen kleinen Basalknospen hervor, die vermutlich infolge ihrer geringen Größe und ihres dichten Anliegens an die tragende Achse besser geschützt sind und daher eine Reihe von Jahren am Leben bleiben können. Dann werden die schlafenden Knospen von allen nicht austreibenden, großen wie kleinen Knospen der Langtriebe gebildet. Diese großen primären Knospen (zB. bei *Populus* und *Salix*) sind weniger widerstandsfähig; sie fallen bald ab und dafür entwickelt sich das zwischen

1) = Arretierungsvorrichtungen Bertholds vgl. a. a. O., p. 229.

2) Diese Tatsache würde mit den auf p. 5 zitierten anatomischen Befunden von Küster harmonieren.

3) Vgl. hierüber auch Reehinger, Verhandl. d. zool. botan. Ges. Wien 1898, Bd. 48, p. 310 ff.

frische Wurzelbildung konstatieren. während im Februar bereits wieder die neue Wurzelproduktion begann. Diese Resultate sind sicherlich durch die milde Temperatur der betreffenden Gegend (Bonn) zu erklären, sie zeigen aber gleichzeitig, daß die Ruheperiode der Wurzeln im Winter nicht als Folge der autogenen Periodizität allein, sondern in noch stärkerem Maße als Folge der Außenbedingungen anzusehen ist, daß sie also z. T. wenigstens autogener Natur ist. Auch die Angabe Hämmerle's¹⁾, daß an Wurzeln von *Corylus avellana* im Januar ein Längenwachstum wahrnehmbar war, läßt die Realisierbarkeit desselben auch für die übrigen Phasen der Winterruhe möglich erscheinen.

Bezüglich dieser letzteren Frage sind direkte Untersuchungen nur beiläufig von Wieler²⁾ an Topfpflanzen angestellt worden. Dieser Autor konnte unter entsprechenden Bedingungen bei *Salix* ein Weiterwachsen der vorhandenen Wurzeln in den Wintermonaten Dezember bis Februar konstatieren, während dies bei einer Reihe anderer Holzgewächse nicht der Fall war. Allerdings scheinen sich diese Pflanzen nicht unter denselben günstigen Bedingungen befunden zu haben und dann wäre das negative Resultat nicht wunderbar.

Ich selbst habe zur Klärung dieser Frage nur wenige Versuche und zwar erst in jüngster Zeit unternommen. Obwohl diese Versuche also noch nicht abgeschlossen sind, werden die bisher vorliegenden Resultate doch schon zur Lösung unserer Frage beitragen können. — Für diese Versuche wurden eine Reihe meist zweijähriger aus der Baumschule stammender Gehölzpflanzen (*Populus canadensis*, *Quercus pedunculata*, *Tilia parviflora*, *Syringa vulgaris*) benutzt, welche Ende September unter möglichster Schonung der Wurzeln in Töpfe gepflanzt waren. Die Wurzeln wiesen zu dieser Zeit kein nennenswertes Wachstum auf. Ende Oktober vor Eintritt der Nachtfröste wurden je 3 Exemplare jeder Art in ein großes Warmhaus gebracht, dessen Durchschnittstemperatur 15° C. betrug. Am 14. November zeigten sämtliche Exemplare von *Populus canadensis* einige kräftige Triebwurzeln, die in der Folge weiterwuchsen und Nebenwurzeln bildeten. Die drei *Syringa*-Pflanzen brachten zwar keine größeren Wurzeln hervor, dagegen wuchs bei ihnen ein Teil der kleinen Faserwurzeln langsam weiter. Die Wurzeln der *Tilia*-Exemplare blieben zuerst in Ruhe; dann wuchsen an einem Exemplar in den ersten Tagen des Dezembers mehrere große Triebwurzeln hervor. Von den beiden anderen Exemplaren folgte das eine Ende

1) a. a. O., p. 168.

2) a. a. O., p. 101.

Januar, das andere Anfang Februar in der Neubildung mehrerer Wurzeln. Die Wurzelsysteme der *Quercus*-Exemplare blieben in Ruhe; nur an einer einzelnen verletzten Wurzel einer Pflanze sproßten Anfang Februar einige frische Wurzeln hervor.

Die Ergebnisse dieser wenigen Versuche im Verein mit den zitierten Angaben Wieters zeigen bereits, daß das Weiterwachsen resp. die Neuentstehung von Wurzeln während der Ruheperiode nicht zu den Unmöglichkeiten gerechnet werden darf. Unter einigermaßen günstigen Bedingungen vermögen jedenfalls viele wenn auch nicht alle¹⁾ Holzgewächse auch während der tiefsten Ruhe der einsömmrigen Knospen Wurzeln zu bilden. Eine gewisse allerdings meist kurze Ruheperiode wird man aber auch dem Wurzelsystem dieser Pflanzen nicht absprechen können, das zeigt zB. das Verhalten der *Tilia*-Pflanzen, die immerhin mindestens 5—6 Wochen im Warmhaus verweilen mußten, ehe die Wurzeln sich zeigten. Doch ist diese Ruhe weniger ausgeprägt, wie bei den einsömmrigen Knospen, wohl auch leichter durch die Außenbedingungen der vorhergehenden Vegetationsperiode verschiebbar und daher bei den einzelnen Individuen weniger gleichmäßig. Vielleicht beruht sie auch noch z. T. auf den vom ruhenden Sproßsystem ausgehenden Wechselwirkungen.

Meine Untersuchungen bezweckten aber weniger neues Material über die normale Wurzelbildung zu sammeln, sondern waren besonders auf die Produktion der Wurzeln an Stecklingen gerichtet. Es ist seit langer Zeit bekannt²⁾, daß an Aststecklingen in gleicher Weise wie die Triebe aus schlafenden Knospen auch Wurzeln entwickelt werden. Diese entstehen, wie Vöchting dies in seiner Organbildung (I, p. 24) eingehend ausgeführt hat, aus Anlagen, welche in der Rinde verborgen sind; gelegentlich auch als Neubildungen. Auch ihr Erscheinen während der Ruheperiode ist vermutlich schon lange bekannt, in der Literatur ist diese Tatsache dagegen wohl nur von Jost³⁾ und neuerdings Berthold⁴⁾ beiläufig berührt worden.

Bei der Beobachtung dieser Wurzelbildung kam es mir in erster Linie wieder darauf an, die zeitliche Dauer des Erscheinens der Wurzeln in den verschiedenen Phasen festzustellen und so zu ermitteln, ob ein Einfluß der autogenen Ruheperiode vorhanden ist.

1) In unseren Versuchen zB. *Quercus pedunculata*, bis auf den einen oben genannten Ausnahmefall.

2) Vgl. zB. Trécul, Annales d. Sc. Nat. Bot. 1846, III. Sér., T. 6, p. 303.

3) Bot. Ztg. 1893, Bd. 51, p. 104.

4) a. a. O., Bd. II, 1, p. 231, 236 f.

Die Zahlen geben den Zeitpunkt an, wo sich der Callus dem bloßen Auge sichtbar über dem Kambium hervorwölbte. Da der Callus bei der angegebenen Temperatur schnell wächst und bereits einen Tag später mehr als den doppelten Umfang erreicht, ist dies Indizium sehr genau, und es treten bei einiger Übung kaum Fehler in der Registrierung ein. Es ist daher verständlich, wenn bei den folgenden Besprechungen bereits auf Unterschiede von zwei Tagen Gewicht gelegt ist. Bei der Mehrzahl der Stecklinge trat der Beginn der Callusbildung an dem selben Tage ein; wo dies nicht geschah, sind in der Tabelle zwei Zahlen gegeben.

Betrachten wir in der untenstehenden Tabelle vorerst die Dauer des Erscheinens des Callus während der Vegetationszeit, so bemerken wir, daß der Callus am schnellsten im Juli erscheint, während dies im Frühjahr ein wenig langsamer geschieht. Die Ende Oktober resp. Anfang November — also in der tiefsten Ruhezeit der Knospen — angestellte Versuchsreihe zeigt uns, daß in der Schnelligkeit der Callusproduktion gegen den Juliversuch eine geringe, gegen den Aprilversuch keine Verzögerung eingetreten ist. Bei *Fagus* und besonders *Quercus* erfolgt die Callusproduktion sogar schneller wie im April, etwas langsamer dagegen nur bei *Populus nigra*.

Zum Verständnis dieser in Anbetracht der Jahreszeit bemerkenswerten Schnelligkeit der Callusbildung können vielleicht die

Beginn	Tage	Beginn	Tage	Beginn	Tage
30. X. 04	3	17. XII. 04	5	17. III. 05	4
31. X. 04	3	17. XII. 04	5	17. III. 05	4
29. X. 04	5—7	17. XII. 04	9	—	—
29. X. 04	7	17. XII. 04	8	17. III. 05	6
31. X. 04	5	17. XII. 04	9	15. III. 05	7
29. X. 04	5	17. XII. 04	6	17. III. 05	4
29. X. 04	3	17. XII. 04	5	17. III. 05	4
29. X. 04	3	17. XII. 04	5	—	—
29. X. 04	7	17. XII. 04	12	—	—
29. X. 04	4	17. XII. 04	6	17. III. 05	4

Wachstum langsamer war, mit der Zeit meist groß und kräftig. Im Dezember-Januar ist endlich der Callus am schwächsten und wenig widerstandsfähig; er wird daher leicht von Pilzen usw. heimgesucht.

Über die qualitative Ausbildung des Callus während der verschiedenen Jahreszeiten liegen zurzeit Untersuchungen nicht vor. Eine kurze Notiz Rechingers¹⁾ besagt nur, daß die Reproduktion im März und April am raschesten vor sich geht, im Mai dagegen langsamer. Nähere Einzelheiten über die Art der Reproduktion fehlen vollkommen. Ich habe daher über die qualitative Ausbildung des Callus während der letzten Jahre eingehende Untersuchungen angestellt, und konnte feststellen, daß dieselbe zu allen Jahreszeiten die gleiche ist, daß also eine qualitative Beeinflussung durch die Vegetationsphase nicht stattfindet. Sie hängt, wie ich dies demnächst in einer ausführlichen Arbeit darlegen werde, in erster Linie von den äußeren Bedingungen ab, und man hat es daher in der Hand, zB. die Sproßbildung jederzeit hervorzurufen.

Unter den früher angegebenen Kulturverhältnissen wurde auch die Sproßbildung am Callus während des Kreislaufes eines Jahres beobachtet. Es zeigte sich, daß dieselbe in den Wintermonaten merklich langsamer vonstatten geht wie im Sommer; größere Unterschiede während der einzelnen Phasen des Winters waren jedoch nicht zu konstatieren.

Im folgenden gebe ich einige Daten über den Beginn der Sproßbildung am Callus von *Populus nigra*. Die angegebenen Tage beziehen sich auf den Zeitpunkt, wo zuerst bei mehreren Stecklingen des betreffenden Versuches Organanlagen sichtbar wurden.

Populus nigra.

Beginn des Versuchs	Callusbeginn	Erscheinen der Sproßanlagen	Zeitdauer
3. XI. 04	8. XI. 04	30. XI. 04	27 Tage
17. XII. 04	23. XII. 04	12. I. 05	26 "
25. V. 05	27. V. 05	10. VI. 05	16 "
6. VII. 05	8. VII. 05	22. VII. 05	16 "

1) Verhandl. d. zool.-bot. Ges. Wien, 1893, Bd. 43, p. 317.

auszugehen pflegen, wird leicht die Annahme erweckt, daß die ganze Pflanze sich in einem Ruhezustand befindet. Daß dies aber tatsächlich nicht der Fall ist, haben unsere Ausführungen gezeigt.

II. Die Atmung.

Betrachten wir jetzt die Atmungstätigkeit der Holzgewächse während der winterlichen Ruheperiode im Verhältnis zur Vegetationszeit, so können wir schon von vornherein annehmen, daß eine eigentliche Ruhezeit für diese überhaupt nicht bestehen kann. Allerdings ist die Atmung in hohem Maße von der Temperatur abhängig und der Tiefstand dieser letzteren in der winterlichen Jahreszeit wird auch fraglos eine starke Depression der Atmung bedingen. Jedoch kommt es in dem vorliegenden Fall nicht darauf an zu ermitteln, inwieweit diese Partialfunktion durch äußere Einflüsse beeinträchtigt wird, denn solche wären ja in der winterlichen Temperaturerniedrigung zu erblicken, sondern es handelt sich hier um die Frage, ob infolge der autogenen Ruheperiode der Pflanze auch unter günstigen Bedingungen eine entsprechend kräftige Atmung ausgeschlossen ist. Denn wenn auch die Wachstumstätigkeit zeitweise sistiert ist, so spielt sich, wie dies in der Einleitung angedeutet wurde, in der ruhenden Pflanze doch ein so reger Stoffumsatz ab, daß aus diesem Grunde schon auf ein nicht geringes Maß der Atmungstätigkeit gerechnet werden konnte. Weiterhin erhob sich noch die Frage, ob mit dem Ausklingen der Ruheperiode auch eine zunehmende Atmungsintensität zu beobachten sei.

Untersuchungen über die Atmung während der Ruheperiode liegen bisher nur in mäßigem Umfange vor. Die bei weitem eingehendsten sind diejenigen von Müller-Thurgau über die Atmung der Kartoffeln während der Ruheperiode. Dieser Autor kam zu dem Resultate¹⁾, daß „bei Beginn der Ruheperiode die Atmung weniger ausgiebig ist, als nach Abschluß derselben, und die Knollen, je älter sie werden, desto größere Mengen Kohlensäure abgeben“. Auf die Beobachtungen dieses Autors über den Einfluß der Temperatur auf die Atmungsintensität während der Ruheperiode werde ich später noch zurückzukommen haben.

1) Landw. Jahrb. 1885, Bd. 14, p. 861.

Kambium in Ruhe, die Atmung weist, obwohl eine Senkung eingetreten ist, noch eine recht ansehnliche Intensität auf.

Überblicken wir nun die im Jahreszyklus erhaltenen Resultate bezüglich der Atmungsintensität der Äste der vier geprüften Holzgewächse (vgl. die Kurve für *Fagus*), so treten uns folgende Tatsachen entgegen. Die Atmung der unter gleichen Temperaturbedingungen untersuchten Äste steigt im Frühjahr mit Beginn des Dickenwachstums bis zu einer gewissen Höhe, auf welcher sie sich bis zum Ausklingen desselben annähernd erhält. Die Entfaltung der Knospen hat auf die Erhöhung der Atmung der älteren Äste gar keinen Einfluß, was erklärlich erscheint, da ein direkter Zusammenhang zwischen diesen und den Knospen nicht besteht.

Gegen Mitte August ist das Dickenwachstum des Holzkörpers vollendet, während dasjenige der Rinde noch schwach weiter bis zum Vegetationsschluß andauert¹⁾. Demnach wäre im September bereits eine Senkung der Atmung zu erwarten. Leider konnte zu dieser Zeit kein Versuch ausgeführt werden. Die nächsten Versuche vom Ende Oktober resp. Anfang November zeigen bei allen Arten bis auf *Tilia* die vermutete Senkung der Atmung; bei *Tilia* konnte dagegen diese Senkung erst Mitte Dezember konstatiert werden. Bei den anderen Hölzern wurde ungefähr die gleiche Atmungsintensität wie im Oktober auch im Dezember und März bis auf eine Ausnahme festgestellt. Ich schließe daraus, daß sich dieselbe während des ganzen Winters unter entsprechenden Temperaturbedingungen auf annähernd derselben Höhe erhält.

Diese hohe Atmungsintensität, welche von der Pflanze während ihrer Ruheperiode bei Darbietung günstiger Bedingungen entfaltet wird, verdient eine besondere Beachtung. Denn die Atmung ist nur um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ geringer wie diejenige zur Zeit der lebhaftesten Kambialtätigkeit, während welcher doch ein lebhafter Baustoffwechsel stattfindet.

Aus diesen Tatsachen geht jedenfalls hervor, daß die Atmungsintensität nur in relativ geringem Grade von den sichtbaren Arbeitsleistungen abhängt, wie sie zB. bei der Organbildung zutage treten. Darin könnte man einerseits einen Mangel an selbstregulatorischer Tätigkeit erblicken, wie etwa in der bekannten

1) Vgl. Strasburger, Bau und Verrichtung der Leitungsbahnen, 1891, p. 482, 500, und die dort zitierte Literatur, sowie diese Arbeit p. 19.

niedere Temperatur (0°)¹⁾ vor der Einbringung der Kartoffeln in einen warmen Raum eine ganz enorme Steigerung der Atmung während der ersten Versuchswoche im Vergleich zur Normalatmung veranlaßt. Diese gesteigerte Atmung kommt nach Müller-Thurgau's Ansicht indirekt durch den infolge der niedrigen Temperatur in größerer Menge dem Plasma zur Disposition stehenden Zucker zustande, also nicht etwa direkt durch Reizwirkung auf das Plasma.

Auch Schmidt konstatierte gelegentlich seiner schon zitierten Untersuchungen²⁾ bei Blättern von *Rhododendron* nach einer vorhergegangenen Frostnacht eine starke Erhöhung der Atmung.

Über den Einfluß der Gefriertemperatur auf die Atmung der Holzgewächse wissen wir dagegen noch nichts. Daher war es bei den vorliegenden Studien geboten, wenigstens einen orientierenden Versuch hierüber einzuschieben. Da längere Frostperioden im Freien während der ersten Hälfte der Ruheperiode (bis Ende Dezember 1904) nicht eintraten, mußte das Versuchsmaterial künstlicher Kälte ausgesetzt werden. Ich benutzte hierzu Äste von *Fagus silvatica*, die in einen Glaszylinder gebracht wurden, welcher sich in einer Kältemischung befand. Die Temperatur betrug ziemlich konstant -2° . Vergleichsmaterial wurde bei einer Durchschnittstemperatur von $+5^{\circ}$ aufbewahrt. Nach Ablauf von 7 Tagen wurde das gefrorene Material für 24 Stunden zum Auftauen in den gleichen Raum wie das Vergleichsmaterial gebracht und dann je zwei Proben des gefrorenen und nicht gefrorenen Materials zur Atmung angesetzt.

Es ergaben sich folgende Atmungswerte:

Fagus silvatica. 4—6jährige Äste.

Beginn des Versuchs	Nicht gefrorene Äste	Gefrorene Äste
22. XI 04	0,944	1,237
	1,005	1,197
Mittelwert:	0,974	1,217

Es zeigte sich also einwandfrei, daß auch bei Holzgewächsen während der Ruheperiode durch vorhergehende Frostwirkung eine recht ansehnlich gesteigerte Atmung erzielt werden kann. Zu beachten ist, daß, während das nicht gefrorene Vergleichsmaterial die gleiche Atmungsintensität wie die Oktober-Proben zeigte (vgl.

1) Eine niedrigere Temperatur ist bei Kartoffeln wegen des leichten Erfrierens nicht anwendbar.

2) Fünfstücks Beitr. z. wiss. Bot. 1903, Bd. 5, p. 80.

abgesehen von Zuständen mit doppelter Schalenbildung, bisher nicht beobachtet worden. Ich konnte feststellen, daß die unter dem Namen *Melosira laevis* (Ehr.) Grun. bekannte Art *Melosira italica* Kütz. im Zustande der Dauersporenbildung ist, und die Reichhaltigkeit und Länge der Fäden gestattete, die gesetzmäßige Bildung dieser Dauersporen zu ermitteln.

In zwei früheren Arbeiten¹⁾ beschrieb ich gewisse Verschiedenheiten der Membranen einzelner Zellen, bzw. deren Hälften, welche ich in einem und demselben Faden mehrerer *Melosira*-Arten beobachtet hatte. Die Erscheinungen wurden bisher übersehen oder als belanglose Anomalien betrachtet, obgleich Fäden mit mehreren Zelltypen bei näherer Untersuchung häufig gefunden werden, und die Verschiedenheit der Fadenelemente zuweilen auch eine sehr große ist. Vielfach aber tritt neben Fäden mit 1. ausschließlich typischer und mit 2. gemischter Zellform, 3. eine Fadenform auf, welche lediglich aus den heterogenen Elementen der gemischtzelligen Fäden bestehen. Letztere sind teilweise als eigene Arten aufgefaßt worden, und in der Tat ist deren Habitus ein so abweichender, daß nur die Fäden mit gemischten Zellelementen den Zusammenhang mit der genuinen Art erkennen lassen. Derartige Fadenverhältnisse stellte ich in den oben zitierten Arbeiten bei *M. nyassensis* O. Müller, *M. granulata* Ralfs, *Melosira ambigua* (Grun.) O. Müller und *M. argus* O. Müller fest.

Diese Erscheinungen, wonach die Membranen einzelner Zellen des Fadens bei der Teilung plötzlich auffallende Veränderungen erleiden, welche zur Entstehung unähnlicher Tochterfäden führen, in denen die Veränderungen bei weiteren Teilungen, soweit ersichtlich, konstant bleiben, faßte ich als dem Wesen der sprungweisen Mutation entsprechend auf und betrachtete die Fäden mit gemischten und diejenigen mit den heterogenen Zellformen als Subspezies der genuinen Art.

Ähnliche Beobachtungen machte H. Gran bald darauf an Rhizosolenien²⁾; während aber die Melosirenzellen im Fadenverbände verbleiben, trennen sich die Zellen der Rhizosolenien

1) Otto Müller, Sprungweise Mutation bei Melosireen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1903, Bd. XXI, p. 336, Taf. 17. — Bacillar. aus d. Nyassalande. Zweite Folge. Englers Bot. Jahrb., Bd. XXXIV, p. 256, 263, 269, 275, Taf. III u. IV.

2) H. Gran, Diat. d. arktischen Meere, I, Diat. d. Planktons. Jena 1904, p. 524 ff.

verhältnismäßig kürzer als die nach außen gelegene. Bei einer Fadenlänge von mindestens 12 Gliedern erscheint der Kreis geschlossen, längere Fäden sind meistens spiralig gewunden. Kreisdurchmesser 127—222 μ . Fadenlänge bis 62 Zellen beobachtet.

Wohnen im Plankton von Süßwasserteichen Islands, Heidi und Thingvallavatn.

Forma curvata ist sehr häufig; leichter gekrümmte Fäden eingerechnet ist sie zahlreicher als *Forma recta*. Geschlossene Kreise oder Spiralen von 1½ Gängen kommen ungleich häufiger vor, als bei *Melosira granulata*. Die Ursachen, welche die Krümmung der Fäden veranlassen, sind unbekannt, wahrscheinlich spielt dabei eine Anpassung an die flutende Lebensweise eine Rolle, wie Ostensfeld¹⁾ vermutet, oder, wie Lemmermann²⁾ glaubt, die Wasserbewegung; doch müssen noch andere Faktoren einwirken, weil beispielsweise die Zahl der geraden Fäden von *Melosira granulata* im Plankton des Müggelsees die gekrümmten bei weitem übersteigt; dasselbe ist bei der *Melosira* des Zürichersees der Fall (s. p. 67).

Eine ähnliche Form von Oregon (fossil) bildet Grunow in Van Heurck, Synopsis, Tab. 87, Fig. 19—22 als *Melosira spiralis* (Ehr.) Kütz. ab; doch ist der Abstand der Porenreihen, sowohl in pervalvarer, als auch in transversaler Richtung ungleich größer. Fig. 20 seiner Abbildung läßt deutlich zwei feinporige Hälften erkennen, indessen ist die Zellwand derselben weitaus zu dick gezeichnet.

Melosira islandica gehört zur Gruppe von *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, unterscheidet sich von dieser Art aber wesentlich. *Melosira islandica* mangeln die langen, *M. granulata* eigentümlichen Dornen an den Endhälften der Fäden³⁾. Die Porenreihen verlaufen durchweg annähernd parallel der Pervalvarachse und geradlinig; bei *M. granulata* ist dies nur in den Endhälften des Fadens der Fall, in der zugehörigen zweiten Hälfte der Endzelle sind sie bereits gegen diese Achse stark geneigt und verlaufen in allen anderen Fadengliedern in steilen Spiralen. Die Porenreihen von *M. islandica* stehen enger (11—12 auf 10 μ), als diejenigen von

1) Ostensfeld, a. a. O., Plankton of Icelandic Lakes, p. 1119.

2) Lemmermann, E. Beiträge z. Kenntnis der Planktonalgen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1904, Bd. XXII, p. 17.

3) O. Müller, a. a. O., Nyassaland, p. 268, Tab. III, Fig. 6—8.

bis Juni. Ende März zeigen die gemischtzelligen Fäden jedenfalls die Neigung eine größere Anzahl feinporiger Zellen auszubilden, wie die folgenden Fadenformeln erkennen lassen.

$$11b + 2c + 6b + 2a + 6b + 2c + b + f \dots$$

$$4b + 2c + 6b + 2c + 8b + f \dots$$

$$21b + 2c$$

Auxosporen.

Herr Dr. Ostenfeld hat die Auxosporenbildung verfolgt und darüber anderweitig berichtet¹⁾. Ich beschränke mich hier im wesentlichen auf die äußeren Verhältnisse, Gestalt und Lage der Auxospore, den Bau der Sporenhaut, sowie auf Beobachtungen, die Beziehungen der gemischtzelligen Fäden von *Melosira islandica* zur Auxosporenbildung vermuten lassen.

Die Auxosporen von *M. islandica* entstehen zwischen den auseinander weichenden Gürtelbändern ihrer Mutterzellen. Das Plasma tritt aus beiden Schalen aus, wandert durch die Gürtelbänder hindurch und beginnt Schwellung und Abrundung zur Kugel erst, nachdem die Gürtelbänder völlig auseinander gewichen sind. Die Gürtelbänder werden daher auch nicht abgesprengt und die Sporenhaut bleibt mit keinem Teile in der Mutterzelle stecken. Auf das ungleiche Verhalten anderer Melosirensoren werde ich später besonders hinweisen (s. p. 83). — Nachdem die junge Auxospore sich abgerundet und mit einem Perizonium umkleidet, fällt, noch vor Ausbildung der Schalen, die jüngere Hälfte der Mutterzelle mit ihrem Gürtelbande nebst dem mit dieser Hälfte verbundenen Fadenteile ab. Die fertige Auxospore erscheint deshalb stets am Ende eines verhältnismäßig kürzeren Fadenteiles, Taf. I, Fig. 4. — Die normale Lage der Auxospore ist diejenige, in der ihre Pervalvarachse mit der Pervalvarachse der Mutterzelle zusammenfällt; zuweilen aber bilden diese Achsen einen spitzen Winkel, die Auxospore sitzt dann mehr oder weniger schief vor dem verbliebenen Gürtelbande.

Die kugelförmige Auxospore wird von einem Äquator umgürtet (Taf. I, Fig. 6), dem Halsteile der beiden halbkugeligen Valven. Gürtelbänder scheinen erst bei der Teilung ausgebildet zu werden. Der Durchmesser schwankt von 20—30 μ , während der Durchmesser der Mutterzellen 8—13 μ beträgt. Das Verhältnis des

1) Ostenfeld, a. a. O., Plankton of Iceland. Lakes, p. 1116.

Auxosporenvalven an den Enden beweist aber, daß die Zeit der Keimungen vorüber ist, und diese breiten Fäden bereits Nachkommen voraufgegangener, aus Keimungen stammender Generationen sind. — Diese Beobachtungen stimmen mit denen Ostensfelds¹⁾ überein; sie ergeben auch u. a., daß die Auxosporenbildung von *Melosira islandica* in die Zeit der niedrigsten Wassertemperatur, 1–2° C., fällt (s. p. 50).

Ostenfeld macht noch einige andere interessante Angaben über die zeitliche Entwicklung der beiden *Melosira*-Arten *M. islandica* und *M. italica* Subsp. *subarctica*. Die Fäden beider Arten waren Juli 1902 nicht selten; ihre Zahl verminderte sich aber schnell, sodaß sie in den späteren Sommermonaten, sobald die Temperatur 9,5° C. überstieg, sehr selten wurden. Im Herbst, bei einer Temperatur unter 8°, begannen sie sich zu vermehren, aber die eigentliche Entwicklung erfolgte erst bei einer Temperatur von 5°. Im Winter herrschen sie im Plankton vor; *M. islandica* erreichte im März bis April bei 1–2° ihr Maximum, *M. italica* Subsp. *subarctica* etwas später, April bis Mai. Beide Arten bevorzugen daher eine niedrige Wassertemperatur. Beziehungen zum Licht waren nicht nachweisbar.

Eine Beziehung des Status β von *M. islandica* zur Auxosporenbildung dürfte nach diesem Befunde kaum abzuweisen sein; doch ist zu beachten, daß eine solche bei anderen *Melosira*-Arten mit gemischtzelligen Fäden nicht zu bestehen scheint (s. p. 81). Durch die Verschiedenheit der Fadenelemente würde diese Beziehung aber noch eine besondere Bedeutung gewinnen. Es fragt sich zunächst, welche der differenten Elemente werden zu Auxosporen-Mutterzellen? Bei dem erwähnten Mangel von Auxosporen im Fadenverbande gelang es leider nicht, die Struktur beider Schalen der Mutterzelle zu ermitteln; diese Feststellung wird kaum anders, als am lebenden Objekt möglich sein. Dagegen fand ich Auxosporen sowohl mit grobporigen, als auch feinporigen und mittelfeinporigen Hälften der Mutterzelle eines gemischtzelligen Fadens im Zusammenhange.

Die Folge der Elemente aller beobachteten 33 Fäden, aus denen Auxosporen hervorgingen, hier mitzuteilen, würde zu weit führen; ich beschränke mich auf die Angabe der Zusammensetzung der 7 Fäden, die Auxosporen an beiden Enden erzeugten, und

1) Ostenfeld, a. a. O. Plankton of Icelandic Lakes, p. 1110 u. 1115 ff.

Abständen und dem Verlaufe der Porenreihen denjenigen der gewöhnlichen vegetativen Fäden, Taf. I, Fig. 11. Unter 22 beobachteten Keimungen fand ich aber zwei Fäden, die auch feinporige Zellen gebildet hatten: Aux. = halbe Auxosporenschale.

$$\text{Aux. } 9,5 \cdot 9,5 \left| \begin{array}{c} f \\ f \end{array} \right| 11,5 \cdot 7,5 \left| \begin{array}{c} f \\ mf \end{array} \right| 9 \cdot 7,5 \left| \begin{array}{c} mf \\ mf \end{array} \right| 7,5 \cdot 9 \left| \begin{array}{c} mf \\ mf \end{array} \right| 6,5 \cdot 7,5 \text{ Aux. Durchmesser } 17,5 \mu.$$

$$\text{Aux. } 8 \cdot 7,5 \left| \begin{array}{c} mf \\ mf \end{array} \right| 6,5 \cdot 10,5 \left| \begin{array}{c} f \\ f \end{array} \right| 6,5 \cdot 5,5 \left| \begin{array}{c} f \\ mf \end{array} \right| 7,5 \cdot 10,5 \left| \begin{array}{c} mf \\ mf \end{array} \right| 9 \cdot 10,5 \left| \begin{array}{c} mf \\ f \end{array} \right| 10,5 \cdot 6 \left| \begin{array}{c} f \\ mf \end{array} \right| \dots \text{Durchm. } 17 \mu.$$

Wenn diese beiden Fäden einem Status β zuzuzählen sind, würde die bei *M. islandica* gemachte Beobachtung, daß der Faden-durchmesser etwa auf die Hälfte des Auxosporendurchmessers herabsinken muß, bevor der Status β , die gemischtzellige Form auftritt, bei diesen beiden Fällen nicht zutreffen. Es bedarf aber weiterer Beobachtung, um die Verhältnisse festzustellen, da die von mir gefundenen Durchmesser anderer anscheinend gemischtzelligen Fäden 9–12 μ waren.

Die beiden Auxosporenhälften sind nicht immer gleich hoch, wie aus dem ersten oben angegebenen Keimfaden hervorgeht; dasselbe gilt für die bei der Teilung gleichzeitig erzeugten jungen Zellhälften; auch diese Eigenschaft hat Subspezies *helvetica* mit *Melosira islandica* gemeinsam. Im ersten Faden ist die Differenz der Auxosporenhälften 2 μ , die größte Differenz der gleichzeitig gebildeten jungen Hälften 2,5 μ ; im zweiten Faden beträgt diese Differenz sogar 4 μ . Die größte von mir in Keimfäden beobachtete Differenz der Hälften einer Zelle beträgt 5 μ ; das sind dieselben Größen, wie sie bei *M. islandica* gefunden wurden, nur die Höhe der Auxosporenhälften ist bei Subspezies *helvetica* geringer und das Maximum der Zellhöhe wird nicht erreicht.

Wenn auch keine völlige Übereinstimmung der Subspezies *helvetica* mit *M. islandica* besteht, so beschränkt sich der Unterschied, was den Bau der Zelle anlangt, doch wesentlich darauf, daß Subspezies *helvetica* etwas zartere, in der Reihe enger stehende Poren und dünnere Zellwände besitzt. Dagegen ist der Auxosporen-Durchmesser wesentlich kleiner, 16–22,5 μ , gegen 20–30 μ bei *Melosira islandica*, und dieser Unterschied rechtfertigt die Abtrennung der Form als Subspezies. — Das plötzliche, massenhafte Auftreten im Plankton des Zürichersees ist vielleicht dadurch veranlaßt, daß die subarktische *M. islandica* in Hochseen der benachbarten Gebirge lebt, von dort in den Zürichersee eingeschwemmt wurde und unter den so veränderten Verhältnissen die

Porenreihen in steilen Spiralen; in stärkerwandigen Fäden 18 auf $10\ \mu$, Poren gröblicher, 14—16 auf $10\ \mu$ in den Spiralen; in dünnwandigen Fäden enger, Poren sehr zart, ca. 20 auf $10\ \mu$. — Höhe 13—20,5 μ , Durchmesser 5,5—23 μ . Verhältnis des Durchmessers zur Höhe 1 : 0,7—2,2. Taf. II, Fig. 1.

Var. *tenuissima*. Taf. II, Fig. 2.

Höhe 12—16, Durchmesser 3—5 μ . Verhältnis des Durchmessers zur Höhe 1 : 2,8—5,2.

Die Originale von *M. italica* aus dem Bergmehl von Santafiora sind 15—17 μ hoch; Durchmesser 8—16 μ . Die Originale von var. *tenuis* (*Melosira tenuis* Kütz.) aus Oberhohe haben 8—15 μ Höhe, 5—7 μ Durchmesser. Individuen aus Ost-Afrika besaßen 11,5—21 μ Höhe, 5—8,5 μ Durchmesser. — Var. *tenuissima*, ebendaher 6,5—27 μ Höhe, 2,8—4 μ Durchmesser¹⁾.

Da die Auxosporen aus Fäden von 5,5—8 μ Durchmesser hervorgehen, kann var. *tenuis* (5—7 μ Durchmesser) nicht mehr als Varietät gelten; solche Fäden bilden vielmehr nur die untere Grenze im Entwicklungszyklus der Art. Dagegen bleibt var. *tenuissima* mit einem Durchmesser von 3—5 μ bestehen; Auxosporen dieser Varietät sind nicht beobachtet worden, auch nicht wahrscheinlich, da die Auxosporen aus Zellen hervorgehen, welche der geringsten beobachteten Zellgröße nahe stehen, aber Zellen dieser selbst zu der Auxosporenbildung nicht befähigt sein dürften²⁾.

Sowohl im Bergmehl von Santafiora, als in Neu-Ruppin habe ich stärkerwandige Individuen mit gröblicheren Poren³⁾, neben dünnwandigen mit zarten Poren angetroffen, letztere meistens bei schmälere Fäden. Ich habe aber gemischtzellige Fäden nicht sicher feststellen können; es besteht hier ein ähnliches Verhältnis wie bei *M. islandica* Subsp. *helvetica*. Bei der in Island lebenden *M. italica* Subsp. *subarctica* sind gemischtzellige Fäden mit größerer Sicherheit zu unterscheiden (s. p. 80).

Die Höhen der Zellhälften sind in den Fäden von *M. italica* im allgemeinen gleichmäßiger, als bei *M. islandica*, wie das folgende Beispiel eines stärkerwandigen Fadens mit gröblicheren Poren zeigt.

.. 15,8 | 15,8 · 13 | 18,5 · 15,8 | 17 · 17 | 15,8 · 18,5 | 15,8 · 18,5 | 15,8 · 15,8 | 18,5 · 15,8 |
18,5 · 17 | 15,8 · 15,8 | 18,5 · 15,8 | 18,5 · 17 | 17 · 17 | 15,8 · 17 | 15,8 · 15,8 | 17 · 15,8 |
15,8 · 15,8 | 15,8 · 15,8 | 15 · 15,8 | 18 · 15,8 | 18 · 18 | 15,8 · 18 | 15,8 . . Durchm. 11 μ .

1) O. Müller, a. a. O., Nyassaland. Zweite Folge, p. 282, Taf. IV, Fig. 4.

2) G. Karsten, Kieler Bucht, p. 194.

3) Van Heurck, Synopsis, Tab. 88, Fig. 7.

stärker, die Poren gröblicher sind, auch aus der Keimung starkwandige, grobporige junge Zellen hervorgehen, so sind auch bei *M. italica* pleomorphe Formen vor auszusetzen, deren Status β oder γ durch die Auxosporenbildung in den genuinen Status α zurückschlägt. Über deren engere Beziehungen zur Auxosporenbildung sind weitere Beobachtungen erforderlich.

Eine auffallende Erscheinung ist die zuweilen vorkommende doppelte Schalenbildung einer der beiden Schalenhälften, Taf. II, Fig. 5, 6. Sie wird vermutlich durch den Zustand der Austrocknung veranlaßt, der gleichzeitig zur Bildung von Dauersporen geführt hat (s. p. 74). Die äußere anomale Schale bildet eine Kappe, welche den Gipfel der inneren bedeckt und deren Mantelteil anscheinend mit einem ringförmigen Membranteil, offenbar einem Gürtelbande, umschließt.

E. Pfitzer¹⁾ berichtet über eine analoge Beobachtung von Fr. Schmitz bei der Teilung der Erstlingszellen von *Melosira* (*Orthosira*) *Roeseana* Rbh. Eine der Auxosporenschalen entwickelte ein Gürtelband, dessen Länge etwa dem Radius der Zelle gleich war; das der anderen wurde gar nicht oder nur rudimentär angelegt. Dann zog sich das Plasma ganz in die Hälfte der Zelle, der das Gürtelband angehörte, zurück und schied eine neue Schale aus, welche natürlich der ursprünglichen gürtelbandfreien parallel war. In der so entstandenen Zelle ging dann die Teilung normal vor sich, nur besaß die eine Endzelle des sich bildenden Fadens selbstverständlich statt zweier Schalen deren drei. — Soweit die Kugelgestalt eine scharfe Einstellung auf die Membrankonturen zuläßt, erkannte ich bei *M. italica* eine dreifache Kontur der inneren Schale. Hiernach würde also nicht eine einfache, sondern eine doppelte neue Membran angelegt, und die äußere Schale würde als Deckel der inneren aufliegen; doch ist dies kaum wahrscheinlich und Fig. 5, 6 sind danach zu berichtigen.

Keimung der Auxosporen.

Die Keimung einer Auxospore von *M. italica* habe ich nur einmal gesehen; dieselbe ging aus einer Auxospore hervor, deren eine Hälfte mit doppelter Schale versehen war, Taf. II, Fig. 5. Der Keimfaden bestand aus vier Zellen, welche von den gewöhn-

1) E. Pfitzer, Bau u. Entwicklung, p. 135.

lichen vegetativen Zellen abwichen. Die Zellwand war stärker, die Porenreihen fast gerade, 18 auf 10 μ ; die Poren in pervalvarer Richtung etwas verlängert, 9—10 in der Reihe, gröblich. — Die Höhen dagegen, die in den Keimfäden von *M. islandica* so wesentlich abweichen, stimmen mit denen der gewöhnlichen vegetativen Zellen überein:

Aux. äußere Schale 26, innere 21 • 18 | 17 • 15,8 | 15,8 • 18 | 15,8 • 15 Aux.

Die Auxosporenhälften differieren, von der äußeren Schale abgesehen, um 3 μ , die Zellhälften um 2,2 μ .

Dauersporen.

Die Bildung von Dauersporen, neben Auxosporen, von *M. italica* in der Aufsammlung von Neu-Ruppin beansprucht ein besonderes Interesse, da meines Wissens Dauersporen von Süßwasser-Bacillarien bisher nicht bekannt waren. E. Lemmermann, der mir die Aufsammlung übersandte, sprach schon die Vermutung aus, daß der Zustand mancher Fäden auf Dauersporen deute; ich konnte diese Vermutung sogleich bestätigen. Die eigentümlichen Bildungen waren schon früher bekannt; von Ehrenberg als *Gallionella laevis* aus den Erden von Ceyssat, Berlin, Norwich in der Mikrogeologie ohne Diagnose und kaum erkennbar abgebildet, gab A. Grunow¹⁾ eine gute Abbildung aus der Erde von Regla in Mexiko, aber ebenfalls ohne Diagnose. Vereinzelte oder wenige zusammenhängende Zellen fand ich auch in den Erden von Franzensbad, Santafiora und besonders Brohl (Rheintal); auf Grund dieser Formen gab ich eine Diagnose²⁾. In allen diesen Erden kam *M. laevis* in Gemeinschaft mit *M. italica* vor, der einzelne ihrer Glieder vollkommen glichen; ich vermutete daher einen Zusammenhang dieser beiden Arten, doch erst die Beobachtung längerer Fäden ließ die Bedeutung dieser Bildungen als Dauersporen erkennen. *Melosira laevis* ist als Art zu streichen.

Sporen-Fäden, Taf. II, Fig. 3 und Textfigur, p. 75, aus sieben verschiedenen Elementen zusammengesetzt:

1. Dünnwandige, feinporige Hälften \mathfrak{f} , mit geraden Discen, die im Bau den feinporigen Hälften von *M. italica* vollkommen gleichen.

1) Van Heurck, Synopsis. Tab. 88, Fig. 18, 19.

2) O. Müller, a. a. O., Nyassaland. Zweite Folge p. 265.

Diskus am Rande mit stärkeren Zähnen besetzt. Porenreihen in steilen Spiralen, ca. 20 auf $10\ \mu$. Poren zart. Höhe $14\text{--}22\ \mu$.

2. Stärkerwandige, gröberporige Hälften mit vorgewölbten konvexen Discen: rechtskonvex u , linkskonvex \bar{u} . Diskus an der Basis der Wölbung mit stärkeren Zähnen besetzt, die mit den benachbarten des konkaven Diskusrandes alternieren. Porenreihen spiralig 18 auf $10\ \mu$; Poren gröblich, ca. 15 in der Reihe. Höhe $15,5$ bis $19,5\ \mu$.

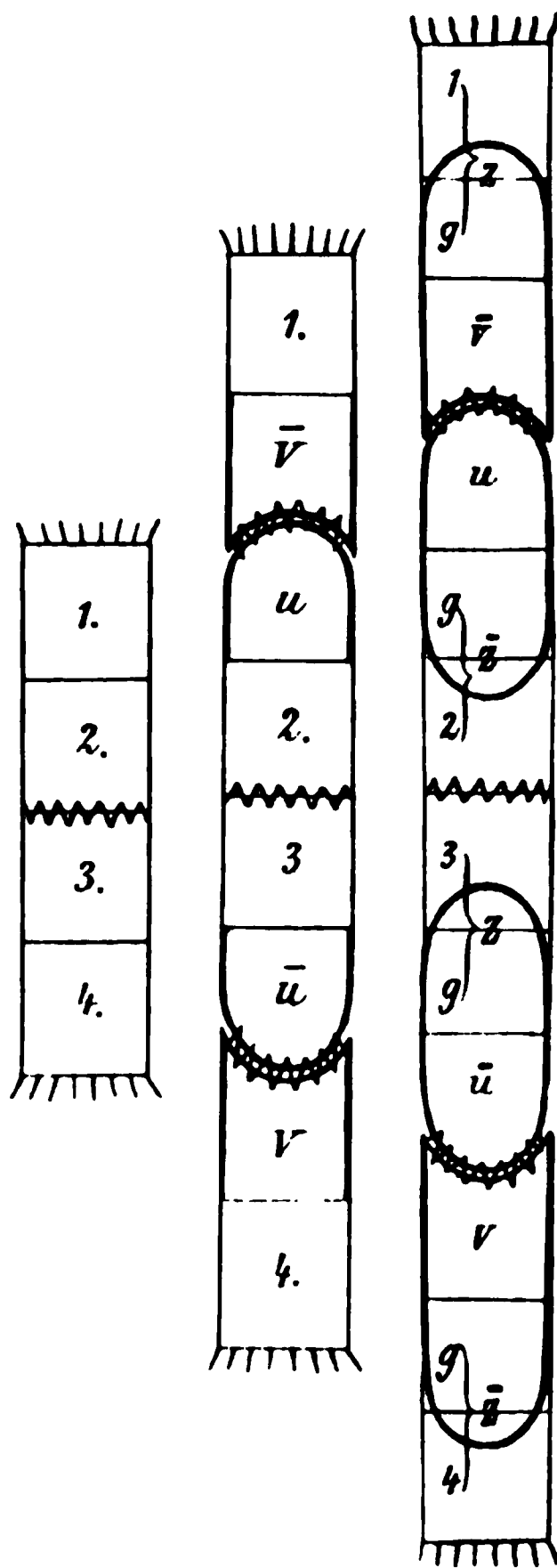
3. Stärkerwandige, gröberporige Hälften mit eingezogenen konkaven Discen: rechtskonkav v , linkskonkav \bar{v} . Discusrand mit starken Zähnen besetzt. Poren wie Nr. 2. Höhe $13,5\text{--}19\ \mu$.

4. Stärkerwandige, gröberporige Hälften mit vorgewölbten konvexen Discen, im Gürtelbandraume einer feinporigen Hälfte steckend und in deren Schalenraum hineinragend: rechtskonvex z , linkskonvex \bar{z} . Poren etc. wie Nr. 2. g = Gürtelbandraum.

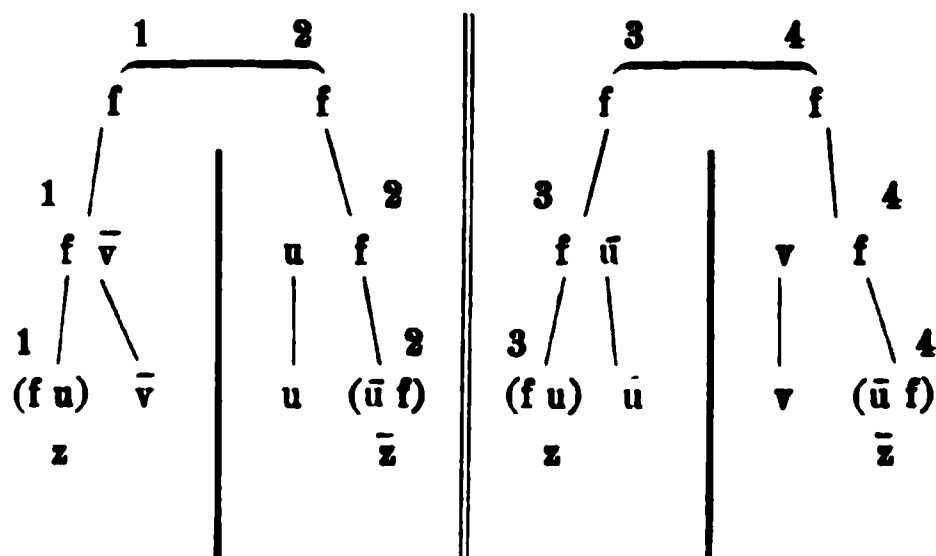
Durchmesser $8\text{--}17\ \mu$.

Die fertigen Dauersporen liegen im Faden in Gruppen von 2 Zellen zusammen, so zwar, daß die folgende Gruppe als Spiegelbild der vorangehenden erscheint. Die beiden innern benachbarten, durch die Zähne miteinander verbundenen konkaven und konvexen Discen, liegen beisammen wie die Flächen einer kombinierten Konkav und Konvexlinse. Die äußeren Discen einer Gruppe sind beide konvex und stecken in einer feinporigen Zellhälfte. Durch die Bezahnung der geradflächigen Discen dieser Zellhälften wird die folgende Gruppe mit der vorangehenden eng verbunden. Die Zusammensetzung einer solchen Doppelgruppe von Dauersporen ergibt die Formel:

$$z\ \bar{v} \mid u\ \bar{z} \parallel z\ \bar{u} \mid v\ \bar{z}.$$



Die Dauersporen werden durch eine vollständige und eine unvollständige Zellteilung erzeugt, und zwar beteiligen sich stets zwei benachbarte feinporige Zellen des Fadens an diesem Vorgange.



Die beiden, aus den feinporigen Hälften 1. 2. und 3. 4. bestehenden Zellen teilen sich gleichzeitig und bilden je zwei dickwandige, gröberporige junge Hälften \bar{v} u und \bar{u} v. Nach Beendigung dieser Zellteilung beginnt eine zweite Teilung, wird aber nicht vollendet. Daß es sich hier um eine unvollständige Zellteilung und nicht um doppelte Schalenbildung handelt, wird aus der Analogie mit der Dauersporenbildung von *Melosira hyperborea* (Grun.) Grun sehr wahrscheinlich. Bei dieser wird zuweilen eine rudimentär verbleibende Schwesterzelle ausgebildet, die später zugrunde geht; in der Regel aber unterbleibt die Ausbildung der Schwesterzelle, wie es im Falle von *M. italica* stets geschieht (s. p. 78). — Die feinporigen Hälften der so entstandenen vier Zellen werden ausgeschoben, d. h. sie rücken von den gröberporigen jungen Hälften ab, das Plasma zieht sich in die letzteren zurück und scheidet im Gürtelbandraume eine neue konvexe Schale aus, die meistens noch etwas in die entleerte feinporige Zellhälfte hineinragt. Diese leeren Schalen fallen später ab, die mit zwei konvexen Discen nach außen abgeschlossene Gruppe wird frei; doch umschließen die Gürtelbänder der abgefallenen Schalenhälften noch die Endhälften der Gruppe, die deshalb in einer Scheide zu stecken scheinen¹⁾.

Nach diesem Schema erfolgt die Bildung von Dauersporen mit großer Regelmäßigkeit. Ich habe Fäden bis zu 11 regelmäßigen Doppelgruppen beobachtet, die ohne Unterbrechung aufeinander folgten. Indessen kommen auch Verzögerungen und Abweichungen vor; ich führe einige Beispiele von beobachteten Fäden hier an:

1) Van Heurck, Synopsis. Tab. 88, Fig. 18. — Schmidt, Atlas d. Diatomeenkunde. Taf. 182, Fig. 36, fälschlich mit *M. Roeseana* bezeichnet.

förmig, geradflächig oder mehr oder weniger gekrümmt, die benachbarten eng verbunden, an den Rändern auseinanderweichend, einen Pseudosulcus bildend. In den schmäleren Fäden zwischen je zwei Discen zuweilen ein freier Raum. Discusfläche mit feinen Poren bedeckt, die Ränder mit starken, submarginal inserierten Zähnen besetzt, die mit den gegenüberstehenden der benachbarten Discusränder alternieren. — Porenreihen auf der Mantelfläche gegen die Pervalvarachse geneigt, in Spirallinien vom Halsteil zur Discusfläche aufsteigend und mit den Linien der benachbarten Zellhälfte ein S bildend, in Abständen von ca. 18 auf 10 μ . Poren punktförmig, kräftig, ca. 18 auf 10 μ in den Spiralleihen, in der Querrichtung leicht wellenförmig verlaufend. Zellwand stark, innere Mantellinie gerade. Sulcus eine den kurzen Hals abschnürende tiefere Ringfurche. Höhe 2,5—18 μ ; Durchmesser 3—15 μ . Verhältnis des Durchmessers zur Höhe 1 : 0,2—6,0.

Forma recta. Taf. II, Fig. 9.

Fäden bis 20 Zellen beobachtet. Höhe 10,5—18; Durchmesser 3—5 μ .

Forma curvata vel spiralis.

Fäden mehr oder weniger gekrümmt, kreisförmig oder spiralig gewunden, bis zu 4 übereinander liegenden Spiralen von 58 Zellen. Durchmesser der Spiralen 84—127 μ ; Kreisschluß bei mindestens 12 Zellen. Höhe 8,5—12 μ . Durchmesser 4—10,5 μ .

In der Arbeit Ostenfelds¹⁾ ist diese Form als *M. granulata* bezeichnet; einen Spiralfaden von 2,5 Windungen bildet Ostenfeld in Fig. 4, p. 232 ab.

Wohnen im Plankton von Süßwasserteichen Islands, Heidi 28. 7. 01; Thingvallavatn 14. 12. 02, 23. 1. 03, 31. 3. 03, 30. 6. 03.

Beobachtung:

Die Höhe sinkt nur bei den aus der Keimung von Auxosporen hervorgehenden Fäden bis auf 2,5 μ herab. Fäden von 6—12 μ Höhe und 4—9 μ Durchmesser sind in der Mehrzahl. — Die Disci der breiteren Fäden sind häufig stärker gekrümmt. — Die schmalen Fäden haben fast durchweg höhere Zellen, als die breiten, Höhe 11,5—18 μ bei 3—4 μ Durchmesser. $D : H = 1 : 3—3,6$. Man kann dieselben als *Forma procera* bezeichnen. Taf. II, Fig. 9.

Wie *M. islandica*, bevorzugt auch *M. italica* Subspezies sub-

1) Ostenfeld, a. a. O., Phytoplankton, II, Lake in Iceland, p. 232.

arctica eine niedrige Wassertemperatur; ihre Entwicklung erreicht im April—Mai ihr Maximum, s. auch p. 63).

Pleomorphe Formen:

Status β . nov. status.

Fäden aus drei verschiedenen Zellarten bestehend:

1. Grobporige Zellen a, im Bau den genuinen Zellen entsprechend. Höhe 6—13 μ .

2. Feinporige Zellen b. Porenreihen spiralig wie bei den Zellen a, jedoch in Abständen von ca. 20 auf 10 μ . Poren punktförmig, sehr zart, 20—22 auf 10 μ in den Spiralreihen. Zellwand dünn; Sulcus eine seichte Furche vor dem kurzen Halse. Höhe 8—13 μ .

3. Gemischtporige Zellen c. Aus einer grobporigen, starkwandigen und einer feinporigen, dünnwandigen Hälfte bestehend.

Forma recta. Taf. II, Fig. 7.

Höhe: grobe Hälften 6—13 μ ; feine 8—11,5 μ . Durchmesser 3—12 μ . Fadenlänge bis 16 Zellen beobachtet.

Forma curvata vel spiralis. Taf. II, Fig. 8.

Höhe: grobe Hälften 7—12 μ ; feine 9—13 μ ; Durchmesser 5—10,5 μ .

Status γ . nov. status.

Fäden nur aus feinporigen Zellen b bestehend. Höhe 11,5 bis 18 μ ; Durchmesser 3—4 μ . D : H = 1:3,4—6.

Wohnen in Süßwasserteichen Islands. Heidi und Thingvallavatn.

Beobachtung:

Die Unterscheidung der Fäden des Status γ von den schmalen Fäden der Subsp. *subarctica* von 3—4 μ Durchmesser ist unsicher; die Wandung ist bei beiden dünn; nur die Poren sind im Status γ zarter.

Die Verschiedenheit der Höhe in demselben Faden tritt auch bei *M. italica* Subsp. *subarctica* hervor; weniger die Ungleichheit der gleichzeitig gebildeten jungen Hälften, wie aus den folgenden zwei Fäden ersichtlich ist.

Subsp. <i>subarctica</i>	6 • 7	6 • 6	9 • 8	7,5 • 9	8 • 6,5	6,5 • 8	8 • 6,5
Durchmesser 9 μ	g g	g g	g g	g g	g g	g g	g g
do. Status β .	10,5 • 10,5	9 • 10,8	10,8 • 10,8	10,8 • 11,5	10 • 10	10 • 9	
Durchmesser 4,5 μ .	g g	g f	f g	g f	f g	g f	

Ich setze noch einige Fadenformeln des Status β , sowie die Höhen und den Durchmesser hierher:

$$\begin{aligned} 8a + c + f \dots g &= 7,5 - 8,5 \mu; f = 10 \mu. \text{ Durchm. } 8 \mu \text{ spiral } - \\ \dots g + 8c + 2a + 4c + a \dots g &= 11 - 12 \mu; f = 10,5 - 13 \mu. \quad D = 5 \mu. \\ 2a + 2c + 4a; g &= 9,3 - 10,5 \mu; f = 10,5 \mu. \quad D = 5,3 \mu. \\ \dots g + 5c + g \dots g &= 11 \mu; f = 11,5 \mu. \quad D = 3,5 \mu. \end{aligned}$$

Diese Beispiele lassen bereits das Vorwiegen der grobporigen Fadenelemente deutlich erkennen; von 325 Hälften zählte ich 251 grobporige und 74 feinporige, das Verhältnis ist etwa 1 : 0,3. Die Zusammensetzung der Fäden ist mithin eine völlig andere, als die von *M. islandica* status β , bei denen das Verhältnis 1 : 2 gefunden wurde (s. p. 65). Aber auch das dort beobachtete Herabsinken des Durchmessers auf die Hälfte, bevor die Bildung feinporiger Elemente und damit von Fäden des Status β beginnt, trifft bei *M. italica* Subsp. *subarctica* nicht zu. Der größte beobachtete Fadendurchmesser war 15μ , der größte Durchmesser von Status β 12μ .

Auxosporen.

In der Aufsammlung vom 30. Juni 1903 von Thingvalla fanden sich Auxosporen; doch war ihr Vorkommen ziemlich selten, und meistens waren sie bereits gänzlich isoliert. Nur in sieben Fällen sah ich sie im Zusammenhange, aber in allen diesen war es nur eine einzelne Hälfte der Mutterzelle, die sich aus dem Fadenverbande losgelöst hatte. Die Auxospore befand sich vor dem Gürtelbande dieser Zellhälfte in derselben Position wie die Auxosporen von *M. islandica* (s. p. 61), d. h. ihre Pervalvarachse fiel mit derjenigen der Mutterzellhälfte zusammen; zuweilen aber bildete sie mit ihr einen spitzen Winkel, die Auxospore saß dann schief auf. Taf. II, Fig. 11. — Die Lostrennung der Mutterzellhälfte von dem übrigen Fadenteile ist ein bemerkenswerter Unterschied von der Bildung bei *M. islandica*, wo die Auxospore stets am Ende eines mehr oder weniger langen Fadenteiles erscheint. Im übrigen aber gleicht ihr Bau demjenigen von *M. islandica*. Der Durchmesser beträgt $11 - 12 \mu$, der der Mutterzellhälfte $3 - 3,5 \mu$. Das Verhältnis des Fadendurchmessers zu dem der Auxosporen ist 1 : 3,4—4. Porenreihen am Rande der halbkugligen Valven in Abständen von ca. 18 auf 10μ . Poren gröblich. Taf. II, Fig. 10.

Ostenfeld¹⁾ gibt drei interessante Abbildungen von der Auxosporenbildung dieser Art. Seine Fig. 6 stimmt mit meiner Abbildung, Tafel II, Fig. 11 überein; die Auxospore befindet sich vor dem Gürtelbande der einen isolierten Mutterzellhälfte in schiefer Position. — Fig. 7 zeigt eine Auxospore zwischen den Gürtelbändern beider Mutterzellhälften, ebenfalls in schiefer Position, während die beiden Pervalvarachsen der beiden Mutterzellhälften zusammenfallen. Das Gürtelband der oberen Mutterzellhälfte ist dreimal so lang wie dasjenige der unteren Mutterzellhälfte. — In Fig. 8 liegt die Auxospore ebenfalls zwischen den Gürtelbändern beider Mutterzellhälften, aber die Pervalvarachsen dieser Hälften bilden einen Winkel. Auch in dieser Figur ist das Gürtelband der oberen Mutterzellhälfte etwa dreimal länger als das der unteren. Dieser Umstand würde darauf hindeuten, daß die Hälfte mit dem kürzeren Gürtelbande die jüngere ist; dann aber würde die Auxospore der Fig. 6 und meiner Fig. 11 mit der jüngeren Mutterzellhälfte in Zusammenhang geblieben sein, während dieser Zusammenhang bei anderen Arten mit der älteren Mutterzellhälfte besteht, s. p. 83. Leider habe ich Auxosporen zwischen beiden Mutterzellhälften nicht beobachtet und daher auch nicht feststellen können, ob die Auxosporen-Mutterzelle aus einer dickwandigen, grobporigen und einer dünnwandigen, feinporigen Hälfte besteht; auch Ostenfeld gibt über diesen Punkt keinen Aufschluß.

Keimung der Auxosporen.

Seltener noch als die Auxosporen waren deren Keimungen; ich fand nur eine unvollständige, welche starkwandige, grobporige junge Hälften besaß; die Fortsetzung mit der zweiten Auxosporenhälfte fehlte. Aux. $3,5 \cdot 4$ $6 \cdot 2,5$ | . . Durchmesser $13,5 \mu$. Die Hälften sind verhältnismäßig niedrig, ihre Höhe sinkt bis auf $2,5 \mu$ herab; die Differenz der beiden Hälften in Zelle 2 beträgt $3,5 \mu$.

Die Entwicklung der Auxosporen ist bei folgenden Melosiren eingehender untersucht worden: *Melosira varians* Ag. von E. Pfitzer²⁾ und Fr. Schmitz³⁾, *Melosira undulata* Kütz. von mir⁴⁾, *Melosira*

1) Ostenfeld, a. a. O., Plankton of Icelandic Lakes, Tab. II.

2) E. Pfitzer, Bau und Entwicklung 1871, p. 131, Taf. 6, Fig. 5, 6.

3) Fr. Schmitz, Auxosporenbildung. Sitzgsber. d. Naturf. Ges. in Halle, 1877, p. 3.

4) O. Müller, Java. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1890, p. 327, Taf. 19, Fig. 12, 13.

Mutterzelle zugewendet, ebenfalls lose im Perizonium. Gestalt eine bikonvexe Linse mit ungleich gewölbten Flächen ohne Nabel.

*Melosira Borreri*¹⁾.

b) Auxospore stets aus der jüngsten Zelle einer Zwillings- oder Drillingsgruppe; liegt am Ende eines Fadenteiles vor der älteren Schale der Mutterzelle. Die jüngere Schale mit dem anhängenden Fadenteile fällt ab (s. jedoch Smith, Synopsis, Tab. 49). Kernwanderung wie bei II. 1, a. Auxosporenschalen liegen dem Perizonium unmittelbar an. Gestalt eine Kugel ohne Nabel (nach Smith eine bikonvexe Linse).

Melosira nummuloides.

2. Gürtelbänder werden nicht abgesprengt.

Fadenkontinuität unterbrochen.

a) Auxospore liegt am Ende des verbleibenden Fadenteiles vor dem Gürtelbande einer Mutterzellhälfte (der älteren?); die andere Zellhälfte mit dem anhängenden Fadenteile fällt ab. Gestalt eine Kugel ohne Nabel.

Melosira granulata.

b) Auxospore geht aus einem gemischtzelligen Faden hervor (bei Subsp. *helvetica* noch fraglich); liegt als Endzelle des verbleibenden Fadenteiles vor dem Gürtelbande der (älteren?) Schale der Mutterzelle; die jüngere Mutterzellhälfte mit dem anhängenden Fadenteile fällt ab. Auxosporenschalen dem Perizonium unmittelbar anliegend. Gestalt eine Kugel ohne Nabel.

Melosira islandica.

Melosira islandica. Subsp. *helvetica*.

c) Auxospore liegt vor dem Gürtelbande der isolierten (älteren?) Schale der Mutterzelle. Alle anderen Fadenteile fallen ab. Gestalt eine Kugel ohne Nabel. Mitunter zwischen den Gürtelbändern beider Hälften der isolierten Mutterzelle.

Melosira italica. Subsp. *subarctica*.

d) Je eine Auxospore liegt vor dem Gürtelbande der (älteren?) Schalen zweier, mit den Discen zusammenhängenden Mutterzellen. Alle anderen Teile des Fadens fallen ab. Gestalt eine Kugel ohne Nabel.

Melosira italica.

Bezüglich des Entstehungsortes sind zwei Gruppen zu unterscheiden: 1. zwischen den Schalen der Mutterzelle *M. undulata*, *M. varians*, *M. Borreri*, *M. nummuloides*. 2. zwischen den Gürtel-

1) S. auch W. Smith, Synopsis, Tab. 50.

Aulacosira crenulata und Smith, der die Zeichnung kopierte, für (*Orthosira orichalcea* W. Sm.¹⁾). Pfitzer²⁾ macht über die Beobachtungen Fr. Schmitz's einige Mitteilungen, aber eine ausführlichere Darstellung fehlt. Der Abbildung Thwaites' in Smith', Synopsis zufolge werden die Gürtelbänder abgesprengt, die Fadenkontinuität ist unterbrochen, das Plasma rundet sich innerhalb des Perizoniums, bezw. einer Schleimhülle zunächst zu einer Kugel ab, und streckt sich dann in der Achsenrichtung senkrecht zur Pervalvarachse der Mutterzelle. Die Auxospore liegt lose in der Hülle.

Melosira italica β *crenulata* Kütz. Noch unsicherer ist die Kritik der Abbildung von *M. orichalcea* Kütz³⁾. Meiner Ansicht nach⁴⁾ entspricht die dargestellte Form *M. italica* β *crenulata*. Aus der Figur ist nur die Lage der Auxospore innerhalb des Fadenverbandes zu erkennen, was aber mit der gewöhnlichen Lage der Auxosporen bei *M. italica* nicht übereinstimmt.

Die Auxosporenbildung der Melosiren und der meisten *Centricae* erfolgt, soviel bekannt, nach dem von G. Karsten⁵⁾ aufgestellten Typus IV, wonach eine Auxospore durch einen unterdrückten Teilungsvorgang aus einer Mutterzelle entsteht. Karsten weist aber die Möglichkeit nicht von der Hand, *Diatomeae centricae* kennen zu lernen, die von ihrer typischen Art der Auxosporenbildung abweichen. Das, wie es scheint, ausschließliche Hervorgehen der Auxosporen von *M. islandica* aus gemischtzelligen Fäden und die damit in Zusammenhang stehenden vorher besprochenen Verhältnisse deuten vielleicht auf eine solche Abweichung. Die Ermittlung, ob die Auxosporen-Mutterzellen gleichartige Hälften besitzen oder ob dieselben aus einer grobporigen und einer feinporigen Hälfte bestehen, ist mir bisher nicht gelungen, da die jüngeren Hälften der Mutterzellen aller von mir beobachteten Auxosporen abgefallen waren. Diese Feststellung und besonders das Verhalten der Kerne würden von großen Interesse sein.

Ob bei *M. islandica* Subsp. *helvetica* und bei *M. italica* ein ähnliches Verhältnis der gemischtzelligen Fäden zur Auxosporenbildung besteht, habe ich nicht ermitteln können, weil die Struk-

1) S. darüber: Müller, Nyassaland. Zweite Folge, p. 274.

2) a. a. O., p. 134.

3) Kützing, Synops. Diatom. 1833, Tab. 17, Fig. 68.

4) a. a. O., p. 261.

5) Karsten, Untersuch. III, p. 220. — Kieler Bucht, p. 171, 182.

turverhältnisse der Fäden ungeeignet sind. Bei *M. islandica* Subsp. *subarctica* fallen die Unterschiede zwischen gröberen und feineren Poren, bzw. Wandstärken zwar mehr ins Auge, aber auch bei dieser Subspezies habe ich die Auxosporen nur mit einer einzelnen Mutterzellhälfte im Zusammenhange gesehen.

Die Befunde bei der Keimung der Auxosporen von *M. islandica* ergaben, daß die ersten Zellen der neuen Generation zwar in mancher Hinsicht von den vegetativen Zellen der dickwandigen und grobporigen Fäden abweichen, aber sich deren Habitus bei fortgesetzten Teilungen immer mehr nähern; jedenfalls aber waren sie dickwandig und grobporig. — Die Keimfäden von Subsp. *helvetica* gleichen den vegetativen Fäden mit gröberen Strukturen. — Auch der einzig beobachtete Keimfaden aus einer Auxospore von *M. italica* stimmt mit den gröber strukturierten vegetativen Fäden dieser Art überein, und ebenso verhielt sich das Teilstück eines Keimfadens von *M. italica* Subsp. *subarctica*.

Aus diesen Befunden darf wohl geschlossen werden, daß die veränderten Zellfäden dieser Melosiren durch Auxosporenbildung in die ursprüngliche Art zurückschlagen, mithin nicht Mutation sondern Pleomorphismus vorliegt; Pleomorphismus, weil mehr als zwei veränderte Zellformen beobachtet sind. Welche Ziele aber die Art mit diesem Pleomorphismus verfolgt, ist zunächst nicht zu erkennen. Die Deutung als Dauer- oder Schwebegenerationen im Sinne von H. Gran und G. Karsten scheint hier aus den p. 54 erörterten Gründen ausgeschlossen; ebenso ein Saisondimorphismus, da das gleichzeitige Vorkommen der dickwandigen und der dünnwandigen Generation sicher ist. Die bei *M. islandica* bestehenden eigenartigen Verhältnisse fordern aber auf, die Beziehungen zur Auxosporenbildung ins Auge zu fassen, die vielleicht einen Einblick in diese Erscheinungen gestatten. In dieser Hinsicht würde die Auffindung von Auxosporen der *Melosira granulata* aussichtsvoll sein, weil deren Pleomorphismus stark ausgeprägt ist und die drei verschiedenen Generationen vielfach nebeneinander vorkommen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren wurden mit dem Abbéschen Zeichenapparat bei 1000 maliger Vergrößerung entworfen. 1 mm = 1 μ .

Tafel I.

Fig. 1. *Melosira islandica* n. sp. *Forma curvata*. Status α , dickwandig und grobporig.

Fig. 2. *Melosira islandica* n. sp. *Forma curvata*. Status β . Gemischtzellig mit dreierlei Zelltypen; dickwandig und grobporig, mittelstarkwandig und mittelfeinporig, dünnwandig und feinporig.

Fig. 3. *Melosira islandica* n. sp. *Forma recta*. Status β . Gemischtzellig mit verschiedenen Zelltypen; dickwandig und grobporig, dünnwandig und feinporig.

Fig. 4. *Melosira islandica* n. sp. Status β . Auxospore vor dem Gürtelbande einer grobporigen Mutterzellhälfte, schief aufsitzend. Die ältere (äußere) Auxosporenschale hat bereits ein Gürtelband ausgebildet. Mutterfaden gemischtzellig.

Fig. 5. *Melosira islandica* n. sp. Status α . Auxosporenkeimung. Drei Zellen, dickwandig und grobporig.

Fig. 6. *Melosira islandica* n. sp. Auxospore isoliert, keine der beiden Schalen hat ein Gürtelband ausgebildet.

Fig. 7. *Melosira islandica*. Subspezies *helvetica* n. subsp. Status β ? Verschiedene Zelltypen.

Fig. 8. *Melosira islandica*. Subsp. *helvetica*. Status α ? Anfangszellhälfte des Fadens hat etwas verlängerte Poren.

Fig. 9. *Melosira islandica*. Subsp. *helvetica*. Status β ? *Forma tenuis*. Verschiedene Zelltypen.

Fig. 10. *Melosira islandica*. Subsp. *helvetica*. Auxospore isoliert. Keine der beiden Schalen hat ein Gürtelband ausgebildet.

Fig. 11. *Melosira islandica*. Subsp. *helvetica*. Keimfaden. Beide Zellen haben sich zu einer neuen Teilung ausgezogen.

Tafel II.

Fig. 1. *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. Status γ ? Dünnwandig und feinporig.

Fig. 2. *Melosira italica*. Var. *tenuissima* Grun. = *Melosira tenuissima* Grun.

Fig. 3. *Melosira italica* mit Dauersporen = *Melosira laevis* Grun. Gruppe von zwei Sporen.

Fig. 4. *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. Status γ ? mit Auxosporen vor den Gürtelbändern je einer benachbarten Mutterzellhälfte; sehr schief aufsitzend.

Fig. 5. *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. Auxosporenkeimung, vier Zellen. Eine Auxosporenhälfte hat eine doppelte Schale gebildet.

Fig. 6. *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. Auxospore isoliert. Eine der Hälften mit doppelter Schale.

Fig. 7. *Melosira italica*. Subspezies *subarctica* n. subsp. *Forma recta*. Status β . Gemischtzellig mit verschiedenen Zelltypen, dickwandig und grobporig und dünnwandig und feinporig.

Fig. 8. *Melosira italica*. Subsp. *subarctica* n. subsp. *Forma curvata*. Status β . Gemischtzellig mit verschiedenen Zelltypen.

Fig. 9. *Melosira italica*. Subsp. *subarctica* n. subsp. *Forma tenuis*, aus der die Auxosporen hervorgehen.

Fig. 10. *Melosira italica*. Subsp. *subarctica* n. subsp. Auxospore isoliert, keine der beiden Schalen hat ein Gürtelband gebildet.

Fig. 11. *Melosira italica*. Subsp. *subarctica* n. subsp. Auxospore vor dem Gürtelbande einer Mutterzellhälfte. Auxospore sitzt schief auf.

daß die jüngsten, dem Vegetationspunkt benachbarten Teile am längsten turgeszent bleiben, daß dagegen die älteren, besonders die Blätter, bald schlaff herabhängen. Die Stengelteile mit den Leitbahnen werden dabei deutlich bevorzugt. Zunächst liegt es nahe, daran zu denken, daß die jungen Teile weniger schnell ihr Wasser verlieren, weil sie besser gegen Transpiration geschützt sind. Doch wie ich zu beweisen haben werde, wäre das ein Irrtum. Meine Transpirationsversuche geben dafür zahlenmäßige Belege. Vielmehr findet in der welkenden Pflanze ein Wassertransport in die zu erhaltenden Teile statt.

Einen ersten Beweis hierfür gibt ein Versuch, in dem kurz abgetrennte Sproßgipfel mit solchen verglichen wurden, die an der tiefer unten abgeschnittenen Pflanze gelassen wurden. Überließ ich beide dem Welken, so vertrockneten die kurzen Endstücke bedeutend schneller. Daraus konnte man schon schließen, daß unter diesen Umständen auch das in den unteren Teilen befindliche Wasser den oberen zugute kommt, wenn man sie in ihrem Zusammenhange welken läßt.

Doch gilt der Nutzen, den die Pflanze von dem erwähnten Vorrat durch den Transport in die für die Erhaltung wichtigen Teile erfährt, immer nur bis zu einem bestimmten Grade der Lufttrockenheit. Dieses Feuchtigkeitsminimum wechselt mit der Art der Pflanze und ihrer Anpassung an Wassermangel. Die Mehrzahl unserer schnell welkenden Pflanzen werden bei einem Aufenthalt in trockener Zimmerluft kaum das längere Turgeszentbleiben der Spitzenteile beobachten lassen, weil sie im ganzen zu schnell vertrocknen. Dennoch haben auch sie die Fähigkeit des Wasserdéplacements, die sich zeigt, sobald man ihnen Schutz gegen zu starke Transpiration gibt, sodaß sie Zeit haben, ihre verhältnismäßig geringe verfügbare Wassermenge in die jungen Teile zu transportieren. Nur die eigentlichen, sukkulenten Xerophyten sind so gut geschützt, daß sie fast jeden Grad von Trockenheit der Luft eine Zeitlang ertragen können. Für die übrigen Gewächse gibt es einen Punkt, wo sie so schnell vertrocknen, daß auf keine Weise mehr Rettung möglich ist. Wird dieser überschritten, so werden gewöhnlich die jüngsten, zartesten Teile dem Tode durch Vertrocknen am ersten anheimfallen, weil sie an sich meist schlecht gegen Verdunstung geschützt sind. Was sie retten kann, ist nur die Zufuhr von Wasser aus den älteren Teilen.

Diese aber ist nur möglich, solange die Turgeszenz nicht ganz

aufgehoben ist, solange die Pflanzen also nicht ganz welk sind, und auch dann braucht sie eine gewisse Zeit.

Das Feuchtigkeitsminimum, bei dem es noch zu einem erfolgreichen Wassertransport kommt, ist nicht nur von Art zu Art verschieden, sondern kann auch bei den einzelnen Individuen, je nach ihrer „Gewöhnung“ wechseln. Es besteht eine Anpassungsfähigkeit, ein „Ökologismus“¹⁾, der Pflanzen, die von Anfang an wenig Wasser bekamen, befähigt, bedeutend längere Dürreperioden zu überdauern als feucht gewachsene. Hierher gehört auch die Erscheinung, daß manche Pflanzen, zB. *Abutilon*, *Coleus* in trockener Luft ihre Blätter fallen lassen, um dann neue, den Bedingungen besser angepaßte zu treiben.

Eine sehr schöne Anpassungsfähigkeit, selbst an die Extreme von fast absoluter Trockenheit des Bodens und vollkommener Wassersättigung der Erde und der Luft, fand ich bei Keimlingen von *Cucurbita Pepo*. Bei ganz jungen Keimpflanzen ist einmal noch ein Teil der Widerstandsfähigkeit des Samens gegen Trockenheit, anderseits eine große Plastizität der embryonalen Gewebe vorhanden. Wenn also die extremen Einflüsse früh genug einsetzen, können sie die Pflanze zu einer starken Umgestaltung gegenüber den normalen Umständen veranlassen, während eine ältere Pflanze schnell zugrunde ginge. Wurden *Cucurbita*-Keimlinge von Anfang an nur sehr wenig gegossen, so blieb das Hypokotyl kurz, die Kotyledonen vergrößerten sich kaum, die ganze Pflanze nahm einen gedrungenen Habitus an und zeigte nur die Anlage des ersten Blattes. Sie war dunkelgrün, hatte kleine Zellen und Interzellularen und hielt die Trockenheit, fast ohne zu wachsen, sehr lange aus. Zog ich die Pflanzen dagegen im dampfgesättigten Raum in einem unten in Wasser stehenden Topf, so wuchsen sie schnell zu ansehnlicher Länge mit großen Kotyledonen und vielen Blättern. Sie waren hellgrün, hatten große Interzellularen und dünne Kutikula. Die Spaltöffnungen waren weit offen, häufig trat Guttation ein, ein Zeichen, daß die Transpiration ganz unterdrückt war. Lüftete man nun die Glocke auch nur wenige Minuten, so hingen bald die Blätter schlaff herab, die Pflanze war unrettbar verloren, falls sie nicht schnell wieder bedeckt wurde.

Für meine Zwecke waren solche leicht welkenden und bei mangelnder Wasserzufuhr sofort das Wachstum sistierenden Pflanzen kaum zu gebrauchen. Doch konnte ich immerhin beobachten, daß

1) Detto, Theorie der direkten Anpassung. Jena 1904, p. 30.

große, im Topf gezogene Pflanzen von *Cucurbita Pepo* abgeschnitten ihre jungen Teile länger frisch erhielten als die alten. Wurden sie in einem Glasgefäß aufgehängt, dessen Luft durch Wasser am Boden feucht gehalten wurde, so wuchsen sie auch ein wenig an der Spitze fort, während die alten Blätter zugunsten der jüngsten unter Gelbwerden geopfert wurden.

Da ich ein Gleiches für typische Hygrophile, zB. *Hippuris vulgaris* und *Oenanthe aquatica*, allerdings nur im dampfgesättigten Raum, nachweisen konnte, so möchte ich glauben, daß es kaum irgend welche Pflanzen gibt, die nicht unter Umständen die Erhaltung der Spitze unter Opferung der älteren Teile zeigten. Eine Ergänzung des Gesagten gibt der folgende Versuch. Läßt man Pflanzen, die mit Wasserreserven versehen sind, an trockener Luft schnell und gleichmäßig welken und bringt sie dann in den dampfgesättigten Raum, so sieht man die jungen Blätter turgeszent werden. Von außen kann das Wasser nicht aufgenommen worden sein, da die Pflanzen nicht imstande sind Wasserdampf in irgendwie nennenswerter Menge zu kondensieren¹⁾. Wenn man den Versuch am Licht ansetzt, können die Pflanzen auch nicht durch Strahlung so viel Wärme verlieren, daß sich Tau auf ihnen bildete. Sie werden im Gegenteil wärmer sein als die Umgebung und noch Dampf abgeben. Daher kann das Wasser nur aus den älteren Teilen stammen. Der Versuch ist der alte Meschayeffsche²⁾ und ein guter Beweis für das Eintreten des Wasserdéplacements.

Doch konnte es mir nicht genügen, festgestellt zu haben, daß Wasser transportiert wird, ich mußte Klarheit über die quantitativen Verhältnisse in der Wasserökonomie welkender Pflanzen haben; das heißt ich mußte feststellen, zu einem wie großen Teile das in den älteren Blättern enthaltene Wasser den jungen zugute kommt und wieviel davon durch Verdunstung verloren geht. Dazu stellte ich Transpirationsversuche an, um den absoluten und relativen Wasserverbrauch der einzelnen Organe mit und ohne Ausaugen zu kontrollieren.

II. Die Wasserökonomie.

Wie oben betont, macht sich die Erhaltung der jungen Teile bei rasch welkenden Pflanzen wenig geltend, spielt dagegen eine große Rolle im Leben der an Trockenheit angepaßten Sukkulente. Bei diesen mußte es gelingen, mit Hilfe der Wage die Größe des

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie 1897, Bd. I, p. 143.

2) Meschayeff, l. c.

		Alle 10 Blätter	Die untersten 6	Die oberen 4
	II	An der Pflanze gelassene Blätter		
d	am 10. Juli	1,64 g	0,165 g	1,45 g
e	Verlust in %, des Frischgewichtes	79,5 %	96,3 %	60,9 %
f	Transportierte Wassermenge in % des Frischgewichtes	45,6 %	60,2 %	27 %
g	Transportierte Wassermenge in % des gesamten Verlustes . . .	57,1 %	62,5 %	46 %

Man sieht also:

- 1. durch Vergleich von c und e, wieviel größer der Wasserverlust bei den ausgesaugten Blättern ist als bei den allein durch Transpiration an Gewicht abnehmenden;
- 2. aus g, ein wie großer Teil des gesamten Wasserverlustes auf das Displacement kommt und
- 3. aus e und f, bis zu welchem Maße schon diese, nicht sehr fleischigen Blätter ausgesaugt werden können.

Bei diesen und den nachher mitzuteilenden Berechnungen ist zu beachten, daß ein gewisser Fehler dadurch entsteht, daß nicht nur Wasser, sondern auch plastische Nährstoffe aus den ausgesaugten Blättern aufgenommen worden waren; doch da die verwendeten Blätter, bei 100 ° getrocknet, nur 3,75 % feste Substanz ergaben, konnte der Fehler keinesfalls groß sein. Um zu ermitteln, wie groß er etwa sein könne, galt es festzustellen, in welchem Verhältnis das Trockengewicht ausgesaugter zu dem abgelöster Blätter nach einer gewissen Zeit stände. Daß ich auch die abgelösten Blätter eine Zeitlang welken ließ, hatte darin seinen Grund, daß ich die Versuchsbedingungen einander möglichst anähneln wollte. Dazu gehörte, daß sie ebenso lange Zeit zum Atmen haben mußten.

Zur Beantwortung der Frage, wieviel plastische Substanz den ausgesaugten Blättern entnommen wurde, machte ich folgenden Versuch:

Es wurden dreimal fünf der unteren Blätter von *Sedum spectabile* ausgesucht, die möglichst gleiche Dimensionen hatten. Partie I wurde abgelöst und frisch gewogen, II und III wurden an den abgeschnittenen Pflanzen gelassen. Nun wurde I offen ausgebreitet, II unter eine Glasglocke gebracht, deren Tubus offen war, und von III die unteren Teile, Blätter und Stengel mit geschmolzener Kakaobutter bestrichen, dann das Ganze trocken aufgehängt. Nach-

einigermaßen verlassen kann, zeigt, daß zB. von zweimal zehn Ausläufern von *Sempervivum Braunii*¹⁾ die eine Partie 10,44, die andere 10,22 g wog, und daß die erste nach 14 Tagen 65,4, die zweite 65,7 % an Gewicht verloren hatte. Ferner, daß von zweimal fünf Blütensprossen von *Sempervivum arachnoïdeum* die erste Partie 18,30, die andere 18,54 g wog und von zweimal 17 Sprossen von *Sedum album*, die noch dazu ziemlich differierten, die eine Partie 9,43, die andere 9,71 g.

Das Verhalten dieser letzterwähnten Pflanze gebe ich noch einmal in möglichst genauen Zahlen, die, wie man sehen wird, den Befund an *Sedum spectabile* bestätigen.

Von Partie I, enthaltend 17 Sprosse von *Sedum album*, wurden immer die zwei untersten Blätter abgelöst, diese 34 gewogen, von den 17 zu II gehörigen die entsprechenden an den Stengeln gelassen. Das geschah am 17. Juli. Von da ab wurden sowohl die einzelnen Blätter, als auch die ganzen Sprosse, auf Fließpapier ausgebreitet, in Zimmerluft der Transpiration überlassen. Am 21. Juli zeigte sich, daß von den 34 Blättern von I eins, dagegen von II 19 Blätter trocken waren. Diese wurden abgenommen, gewogen und mit der ganzen Partie I verglichen. Da hier regelmäßig das Aussaugen eines Blattes erst beginnt, wenn das nächst ältere schon trocken ist, habe ich die noch frischen von II weggelassen und den Rest auf den entsprechenden Wert gebracht. Die Zahlen werden so besser vergleichbar, als wenn ich die völlige Trockenheit aller 34 Blätter abgewartet hätte; um so mehr, als die 19 trockenen Blätter fast durchgehends die untersten waren, nur zwei von den darauf folgenden waren auch schon trocken.

Sedum album.

	I	II
17. Juli	0,985 g	—
21. Juli	0,638 g	auf 34 Bl. umgerechnet 0,0877 g
Verlust in % des Frischgewichtes . .	35,2 %	91,0 %
Transpiration in % des Wasserverlustes	100 %	38,7 %
Déplacement in % des Wasserverlustes	0 %	61,3 %

Die Tabelle bringt nichts eigentlich Neues, bestätigt aber in erwünschter Weise die oben (pag. 96) hervorgehobenen Resultate

1) Siehe Anmerkung p. 95.

Sempervivum Braunii.

	I 3—3 1/2 cm	II 2—2 1/2 cm	III zirka 1 cm
19. Juni	0,771 g	0,203 g	0,077 g
20. Juni	0,664 g	0,167 g	0,012 g
Verlust in % des Anfangsgewichtes . .	13,9 %	18,1 %	84,5 %
22. Juni	0,503 g	0,126 g	0,007 g
Verlust in % des Anfangsgewichtes . .	34,8 %	37,8 %	96,1 %

Auch hier, wo die jungen Blätter an der im ganzen welkenden Pflanze die älteren lange überleben, bestätigt sich die Regel, daß sie an sich stärker transpirieren und ohne Hilfe viel schneller durch Vertrocknen zugrunde gehen als diese. Eine Erscheinung ist mir dabei aufgefallen, die ich nicht ganz deuten kann, daß nämlich die jüngsten Teile am Vegetationspunkt, auch nachdem die Blätter bis hoch hinauf abgestorben sind, noch lange frisch bleiben, länger selbst, als wenn man sie von vornherein isoliert. Offenbar brauchen sie Zeit, um sich auf die Trockenperiode gewissermaßen vorzubereiten. Worin aber diese Vorbereitung besteht, kann ich im einzelnen nicht angeben. Im ganzen wird es so ähnlich sein, wie ich es oben für Keimpflanzen geschildert habe ¹⁾. Die noch plastischen Formelemente passen sich durch ihre anatomische Ausgestaltung der Trockenheit an.

Aus der Tabelle ersieht man, daß die für den 22. Juni angegebenen Gewichtsverluste von I und II wenig differieren. Das hat seinen Grund darin, daß die ältesten Blätter schon am 20. Juni Absterbeerscheinungen zeigten. Sie wurden von der Spitze her gelb und durch Injektion der Interzellularen durchscheinend. Am 22. Juni waren die ganzen Blätter ergriffen. Doch waren sie trotzdem noch fast so gut gegen Verdunstung geschützt wie die mittleren, die noch alle grün waren. Am 4. Juli waren allerdings die Blätter von I ebenso wie die von III völlig trocken, während die von II zum größten Teile lebten und jedes von diesen mehrere kleine Wurzeln an der Basis getrieben hatte.

Dieses Injizieren der Interzellularen scheint eine den *Sempervivum*-Arten eigentümliche Reaktion auf Verwundung zu sein, da ich es bei allen Pflanzen, auch wenn sie im ganzen an der Basis abgeschnitten wurden, von den der Wundstelle benachbarten Blättern angefangen bis zu den ferneren, wo es zunächst nur die Spitze

1) Vgl. p. 93.

ganzen abgeschnittenen Exemplare geringer waren, was mit dem geringeren Überhandnehmen der Absterbeerscheinungen zusammentrifft.

Noch deutlicher wurde dieser Zusammenhang, als ich zwei Exemplare verglich, deren Wurzeln in Wasser tauchten, und von denen das eine nahe der Basis durchschnitten, die Wunde mit Kakaowachs verschlossen wurde. Hier starben die Blätter schnell und ungefähr gleichzeitig ab, während bei dem anderen Exemplar nur einige von den untersten zugrunde gingen, wie es gewöhnlich beim Versetzen in neue Verhältnisse eintritt.

Die erwähnten zehn Blätter von Exemplar I, deren Frischgewicht durchschnittlich 2,70 g war, wogen nach drei Tagen, wo sie alle ganz durchscheinend waren, durchschnittlich 1,95 g, die fünf untersten von II, die ganz trocken waren, 0,80 g und alle zehn von II 0,71 g.

Sempervivum glaucum.

	I 1—10	II 1—5	II 1—10
19. Juni	27 g	13,5 g	27 g
22. Juni	19,5 g	1,5 g	7,1 g
Wasserverlust in % des Frischgewichtes	28 %	88,9 %	73,7 %
Déplacement in % des Frischgewichtes	0 %	60,9 %	45,7 %

Die Tabelle zeigt die Bestätigung der ausgesprochenen Vermutung, daß auch die injizierten, toten Blätter noch einen großen Teil ihres Wassergehaltes an die jungen, lebenden Teile abgeben.

Auf große Genauigkeit können diese Bestimmungen keinen Anspruch machen. Doch sind die Ausschläge so groß, daß die Schlußfolgerungen immerhin gesichert erscheinen.

Zum Teil mag der geringere Wasserverlust der älteren Blätter, die dadurch umso besser in den Stand gesetzt werden, den jüngeren von ihrem Vorrat abzugeben, auf die verhältnismäßig kleinere Oberfläche zurückzuführen sein, zum Teil auf die Ausbildung der Cuticula und der Spaltöffnungen, jedenfalls ist der Nutzen für die Wasserökonomie in der Gefahr des Vertrocknens deutlich.

Die mitgeteilten Ergebnisse über die stärkere Eigentranspiration junger Pflanzenteile konnten mir jedoch nicht genügen, da die Verhältnisse möglicherweise von Fall zu Fall schwanken konnten. Gerade bei solchen, mit dem biologischen Charakter und dem

Man sieht aus der Beschreibung und der Tabelle, daß an den im ganzen abgetrennten Ausläufern die unteren Blätter einen Teil ihres Wassers an die oberen abgaben und daß an den durchschnittenen die jungen Teile stärker transpiriert haben als die alten.

Noch ein Beispiel dafür, daß die zu erhaltenden Teile, hier die unreifen Früchte, die weniger wichtigen aussaugen, gaben mir die Blütensprosse von *Sempervivum arachnoideum*. An im ganzen aufgehängten Stücken zeigten sich nach 23 Tagen die Fruchtknoten stark angeschwollen, während sie an den in der Mitte durchschnittenen, bei denen an den oberen Teilen nur ganz kleine Blätter saßen, kaum dicker geworden waren. Ich schnitt nun auch erstere möglichst in gleicher Weise ab, wobei der Fehler nicht groß sein kann, weil der untere, trockene Teil wenig wog, nämlich Stücke von etwa 1 cm Länge, was die mögliche Ungenauigkeit wenigstens um das vierfache übertraf, nur 0,012 g. Beim Wägen fand ich, daß die oberen Teile dieser mit den angeschwollenen Früchten durchschnittlich 0,31, die der durchschnittenen 0,18 g wogen. Die Differenz ist sicher zum größten Teil auf Rechnung der Früchte zu setzen.

Folgende Pflanzen untersuchte ich auf ihre Fähigkeit, Wasser aus den alten in die wachsenden Teile zu transportieren. Sie zeigten sie alle, obwohl sie den verschiedensten Klassen und Familien angehören. Die mit einem Stern * versehenen zeigten die Erscheinung besonders schön.

Asparagus maritimus,
 * *Bryophyllum calycinum*,
Callisia repens,
 * *Cotyledon gibbiflora*,
 * „ *Saxifraga*,
 * *Crassula spathulata*,
 „ *tetragona*,
Cucurbita Pepo,
 * *Echeveria spec.*,
Euphorbia Myrsinites,
Helianthus annuus,
 * *Ipomoea purpurea*,
Isatis tinctoria,
Kleinia articulata,
 * *Mesembryanthemum edule*,

* *Orchis latifolia*,
 * „ *maculata*,
Pelargonium peltatum,
 * *Portulaca grandiflora*,
 * *Rhipsalis Cassytha*,
Ricinus communis,
 * *Rochea falcata*,
Rosa Centifolia,
Sambucus nigra,
Saxifraga Aizoon,
 „ *Geum*,
 „ *Hostii*,
 * *Sedum album*,
 „ *Fabaria*,
 * „ *reflexum*,

auftritt, damit das im Reserveorgan gespeicherte den jungen Trieben zufließt. Es macht sich hier die osmotische Regulation besonders deutlich bemerkbar. Wächst z. B. eine rote Rübe bei gleichzeitiger Wasserzufuhr aus, so tritt in die sich entwickelnden Blätter stets nur so viel von dem gespeicherten Rohrzucker, wie zum Verbrauch im Wachstum, in der Atmung und zur Erzielung des Normalturgors nötig ist. Dabei sinkt langsam der osmotische Druck in der Rübe. Sobald jedoch die Wasserzufuhr aufhört und die wachsenden Teile gezwungen sind, ihr Wasser ebenso wie die Nährstoffe dem durch die Rübe dargestellten Speicher zu entreißen, entsteht in ihnen so viel mehr osmotisch wirksame Substanz, daß eine Potentialdifferenz erzeugt wird. Die wasseranziehenden Stoffe sind zum Teil Zucker, zum Teil entstehen sie daraus, indem der gespeicherte Rohrzucker zum Zwecke des Transportes erst invertiert wird. Wäre es nur der Rohrzucker selbst, so müßten wir einen Transport seiner Molekeln nach Stellen höherer Konzentration annehmen, was nur mit Energieaufwand unter aktiver Betätigung des Protoplasmas möglich wäre. Zu einer solchen Annahme liegt aber kein Grund vor. Bedenken wir, daß Rohrzucker nach der Invertierung schon die doppelte osmotische Energie entwickelt und durch weitere Verwandlung der entstehenden Glukose und Fruktose, etwa in organische Säuren, von neuem, und zwar beträchtlich an Energie gewinnt (indem z. B. ein Molekül Glukose im günstigsten Falle drei Moleküle Oxalsäure liefern kann)¹⁾, so sehen wir, da organische Säuren und deren Salze meist über die Hälfte der Turgorkraft liefern, daß die Pflanze es in der Gewalt hat, ihren Turgor, wo es nötig ist, beträchtlich zu erhöhen.

D. Zusammenfassung und Schluß.

Überschauen wir zum Schluß noch einmal die gefundenen Resultate, indem wir einige allgemeine Erörterungen einflechten. In dem, den äußeren Erscheinungen beim Welken gewidmeten ersten Teil haben wir gefunden, daß bei fast allen beobachteten Pflanzen unter Umständen eine Bevorzugung der jungen Teile eintritt. Diese zeigt sich darin, daß ein Teil des Wassers aus den alten Blättern und Sproßgliedern in sie übertritt, wodurch sie länger vor Vertrocknen geschützt sind und sich selbst weiter entwickeln

1) De Vries, l. c., p. 582.

Stange¹⁾ fand für eine in salpeterhaltigem Boden gewachsene Kultur

an der Basis . . . 0,60,
 „ „ Spitze . . . 0,55 aequ.

Es gelang mir auch bei dieser Pflanze nie ein Ausaugen der alten Blätter herbeizuführen, im Gegenteil vertrocknete der oberste Teil bis zum ersten ausgebildeten Blattpaare sehr schnell.

Meistens aber war ein Steigen des Turgordruckes von der Basis nach der Zone der Zellstreckung hin deutlich zu beobachten, sodaß also schon unter normalen Verhältnissen die Bedingungen für einen osmotischen Wassertransport nach der wachsenden Spitze vorhanden waren. Daraus aber ging noch nicht das Verhalten beim Welken hervor, es konnten durch Veränderung der Bedingungen, durch so gewaltsame Eingriffe, wie sie das Abschneiden und Welkenlassen sind, die osmotischen Kräfte möglicherweise in jeder Richtung verschoben werden. Daher konnte nur eine genaue Untersuchung der Verhältnisse, die einen Einfluß auf den Turgor haben können, lehren, wie weit die Turgordrucke überhaupt konstante Größen darstellen und wie weit daher die gewonnenen Resultate über die normalen osmotischen Verhältnisse maßgebend für die Wasserbewegung in der welkenden Pflanze sind.

Außerdem mußte eine solche Voruntersuchung der Abhängigkeit der Turgorhöhe von äußeren Bedingungen lehren, auf welche Fehlerquellen besonders zu achten war, und wie der Vorgang einer Veränderung der Turgordrucke im allgemeinen zu deuten ist.

III. Abhängigkeit der Turgorhöhe von äußeren Einflüssen.

Bei Gewinnung der mitgeteilten Daten über die „normalen“ Turgorverhältnisse zeigte sich schon eine gewisse Abhängigkeit von äußeren Umständen. Diese mußten daher sorgfältig berücksichtigt werden, um nicht die Quelle zahlreicher Fehler zu werden. Hierzu ist die Literatur weit umfangreicher als zu den statischen Verhältnissen. Es handelt sich in der Hauptsache um den Einfluß von 1. Beleuchtung, 2. Wärme, 3. Substratkonzentration und 4. um mechanische Eingriffe. Suchen wir nach einem Leitfaden, der uns durch das Gewirr der verschiedenen, eine Verschiebung

1) Stange, Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen. Botan. Ztg. 1892, p. 298.

		Winter	Sommer
<i>Cucurbita Pepo</i>	Hypokotyl	20 %	24—26 %
<i>Lupinus albus</i>	"	20 %	24 %
<i>Rochea falcata</i>	i. d. Blättern	14—16 %	20—22 %
<i>Cotyledon gibbiflora</i>	"	18 %	22 %

Das Etiolement ist ja keine scharf umschriebene Erscheinung, es geht vielmehr durch alle Abstufungen in die normale Wachstumsweise über. Tritt der entgegengesetzte Einfluß, intensive Beleuchtung, ein, so bildet sich der Habitus heraus, der die typische Hochgebirgspflanze auszeichnet: Gestauchte Internodien, dicke Blätter, große Blüten, ein Gegenstück zu dem Aussehen etiolierter Pflanzen. Daß das Licht als Reiz unmittelbar auf den Turgor wirkt, ist nicht wahrscheinlich. Dagegen kann die Anregung oder Verhinderung der Transpiration und Assimilation zu der Beeinflussung des Wachstums in seiner Wirkung auf die Turgorhöhe hinzukommen.

2. Über die Beziehungen zwischen Turgor und Wärme existieren mehrere Arbeiten¹⁾. Die wichtigste Angabe aber befindet sich bei Pfeffer²⁾, auf die dann Copeland³⁾ seine umfassenderen Untersuchungen gestützt hat. Danach hat sowohl ultramaximale als inframinimale Temperatur eine Turgorerhöhung im Gefolge, d. h. bei den Temperaturen, wo das Wachstum gehemmt ist, tritt auch eine Steigerung des osmotischen Druckes auf. Wie sich der Turgor in dem zwischen Minimum und Optimum liegenden Gebiet verhält, bleibt noch zu untersuchen.

3. Erhöhung der osmotischen Energie des Substrates erzeugt ebenfalls neben einer Retardation des Wachstums eine Turgorsteigerung⁴⁾, wie durch zahlreiche Arbeiten festgestellt ist. In welchem kausalen Verhältnis Erschwerung der Wasseraufnahme,

1) Krabbe, Über den Einfluß der Temperatur auf die osmotischen Prozesse lebender Zellen, Jahrb. 1896, Bd. 32. — Rysselberghe, Influence de la Température sur la Perméabilité du Protoplasma. Bull. de l'Ac. d. Belg. 1899 u. 1901.

2) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung 1893, p. 304.

3) Copeland, l. c.

4) Eschenhagen, Einfluß der Lösungen verschiedener Konzentration auf Schimmelpilze, Leipzig, Dissert. 1889. — Stange, Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen, Botan. Zeit. 1892, p. 253. — Mayenburg, Lösungskonzentration und Turgorregulierung bei den Schimmelpilzen, Jahrb. 1901, Bd. 37. — Pantanelli, Turgorregulation bei Schimmelpilzen, Jahrb. 1904, Bd. 40. — Swellengrebel, Über Plasmolyse und Turgorregulation der Preßhefe, Bakter. Zentralbl. 1905, p. 374.

weiter gehen und annehmen, daß die beiden durch die verschiedensten Einflüsse gleichzeitig hervorgebrachten Wirkungen wieder ihrerseits im Zusammenhang von Ursache und Folge stehen, indem die mit der Wachstumshemmung verknüpfte Verminderung der Volumzunahme zu einer Anhäufung der in derselben Menge weiter produzierten osmotischen Substanz führte. Diese Erklärungsweise ist auch vorläufig und für gewisse Zwecke recht brauchbar, nur erscheint sie mir in der Form, wie sie Copeland ausgesprochen hat, zu grob mechanisch. Man muß ihr entgegenhalten, daß sie ziemlich heterogene Dinge zusammenbringt. Denn offenbar ist die mechanische Wachstumshemmung physiologisch etwas anderes als die übrigen Erscheinungen, bei denen das Wachstum der Zellen durch irgend welche „inneren“ Ursachen gestört wird. In dem ersten Falle ist es klar, daß die Störung des Wachstums das primäre ist, und daß sie sekundär entweder durch Reizwirkung oder nach Copelands Annahme durch Anhäufung die Turgorsteigerung verursacht. Im andern Falle aber wissen wir nicht, was die unmittelbare Ursache der Verzögerung des Wachstums ist, es könnte sogar, wie Hegler annimmt, eben die durch äußere Reize bewirkte Turgorsteigerung sein.

Reguliert muß ja die Produktion osmotisch wirksamer Substanz stets werden¹⁾. Auch wenn eine äußere Wachstumshemmung mit einem Steigen des Turgordruckes verknüpft ist, geht dieses nicht beständig weiter, sondern erlangt allmählich sein Maximum. Dieses kann bei verschiedenen Pflanzen sowohl in der Höhe, als auch in der Zeit, die zu seiner Erreichung nötig ist, beträchtlich differieren. Differenzen in der Regulationsfähigkeit und verschiedene Lage des Maximums zeigen auch die Versuche Copeland's. Auch fand Pfeffer²⁾, daß bei gewissen Pflanzen die mechanische Hemmung des Wachstums oder der geotropischen Krümmung keine Turgorschwellung verursacht, daß also dort die Produktion osmotisch wirksamer Substanz sofort eingestellt wird. Wir können uns mithin denken, daß die in Copelands Versuchen wahrscheinlich zwecklosen, eine Nebenwirkung darstellenden Turgorsteigerungen in andern Fällen in den Dienst gewisser Verrichtungen, wie mechanischer Druck, Herbeischaffung von Wasser, gestellt werden, in wieder anderen aber gänzlich wegfallen. Genau können wir die

1) Pfeffer, Druck und Arbeitsleistung 1893, p. 303.

2) Ebenda, p. 292 u. 388.

Da es beim Austrocknen des Bodens zunächst die Wurzeln sind, die davon betroffen werden, und die so lange als möglich dafür zu sorgen haben, daß Wasser aufgenommen wird, suchte ich einige Daten über deren Verhalten bei erschwerter Wasseraufnahme zu bekommen. Bei in Erde gewachsenen Wurzeln waren die feinen Wurzelspitzen, auf die es mir vor allem ankam, nicht zu verwenden. Ich mußte mich also mit feuchter Luft und Salzlösungen als Medien begnügen. Da zeigte sich denn, daß Wurzeln, die an aufgehängten Sprossen in feuchter Luft gewachsen waren, höhere Turgorwerte zeigten, als solche aus Wasser und etwa solchen aus einprozentiger Salpeterlösung entsprachen:

Tradescantia fluminensis.

	Untere Internodien	Obere Internodien	Wurzelspitzen
Wasser	6—10 %	14 %	20 %
1/2 % KNO ₃	16 %	24 %	24 %
1 % KNO ₃	26 %	32 %	28 %
Feuchte Luft	10 %	16 %	28 %

Daß hierbei nicht die feuchte Luft oder der Mangel an tropfbar flüssigem Wasser auf die Wurzeln unmittelbar als Reiz wirkte, zeigte sich bei in die Luft getriebenen Wurzeln von Sprossen, die unten Wasser aufnehmen konnten, indem diese keinen höheren Turgorwert aufwiesen als unmittelbar im Wasser gewachsene. Sie hatten 20% wie diese.

Dasselbe war bei *Cucurbita* der Fall:

Wurzeln in Wasser	24 %
in feuchter Luft	36 %
Sprosse unten in Wasser, Wurzeln in Luft, letztere	26 %.

Was die Erhöhung des Turgors verursacht, ist mithin der Mangel an Wasser als solcher, nicht die Transpirationsgröße.

Da ich bei den später beschriebenen Versuchen, um ein Auswachsen von Achselknospen zu veranlassen, öfters die zu verwendenden Sprosse köpfte, mußte auch untersucht werden, ob nicht solche Verwundung und plötzliches Abschneiden des Saftstromes eine Veränderung des Turgors verursache. Das war nicht der Fall. Beim Dekapitieren junger Keimlinge über den Kotyledonen kann der Turgor allerdings ein wenig steigen, aber nur, wenn jede

wäre dann erst die sekundäre Folge der durch das Austreiben gegebenen physikalischen Bedingungen. Solange wir nichts besseres wissen und uns doch nicht auf die Konstatierung der Tatsache beschränken wollen, sind hier nur teleologische Deutungen am Platze. Besonders auch, da die mechanische Erklärung Wiesners schon dadurch widerlegt wird, daß die stärkere Transpiration der älteren Blätter, die er als Beweismittel heranzieht, nach meinen Untersuchungen nicht vorhanden ist, wenigstens wenn wir den Wasserverlust auf gleiches Volumen berechnen, was für diesen Fall, da es auf das Verhältnis der Transpiration zum Wassergehalt ankommt, das allein richtige ist.

Die Ursache also des Austreibens kann ich in der Wasserbewegung nicht sehen; wohl aber seine Folge. Die mechanischen Ursachen aller dieser Korrelationen bleiben uns verschlossen, Ernährungsbedingungen, allgemeiner ausgedrückt, reichen zur Erklärung nicht aus¹⁾. Wir können mithin nur sagen, daß das Dekapitieren als Reiz auf die Seitenknospen wirkt, der sie zur Entwicklung treibt, und daß gleichzeitig durch Produktion osmotisch wirksamer Substanz die dazu unentbehrliche Wasserbewegung eingeleitet wird. Über die Art des Reizes und die kausale Verkettung der Einzelercheinungen können wir noch nichts Bestimmtes aussagen.

Ich beschränke mich daher auf die Konstatierung der Tatsache, daß an den Stellen, wohin das Wasser in abgeschnittenen Sprossen gezogen wird, eine Anhäufung osmotisch wirksamer Substanz über das Durchschnittsniveau stattfindet.

Überall, wo ich das Turgeszentbleiben der jungen Teile einer welkenden Pflanze beobachtete, war eine den Wassertransport ermöglichende Potentialdifferenz vorhanden. Nur in einem einzigen Falle (*Phaseolus*) fand ich eine solche nicht²⁾, dort aber war auch kein Déplacement, wenigstens nicht in der gewöhnlichen Richtung, zu beobachten. Daher gibt gerade diese Ausnahme eines der besten Argumente dafür, daß das Zusammentreffen beider, in meinen Schlußfolgerungen kausal verknüpfter Erscheinungen nicht zufällig ist. Das osmotische Gefälle in der welkenden Pflanze ist zwar nicht direkt meßbar an dem Abfall der plasmolytischen Werte von den aussaugenden nach den ausgesogenen Teilen; doch konnte nach

1) Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 1904, p. 409.

2) Vgl. p. 111.

Sprosse von *Callisia repens* und *Tradescantia fluminensis* der plasmolytische Wert in höherem Maße als in den darauf folgenden, noch turgeszenten. Das ist wohl so zu erklären, daß die Pflanze die für den Wassertransport wichtigen Stengelteile erhalten will, daß aber eine gewisse Überregulation stattfindet, oder es machte sich darin ein Kampf der Teile unter sich bemerkbar, die sich nicht in allen Stücken dem Nutzen der Allgemeinheit unterordnen.

Ein Sproß von *Callisia* war vom 30. Januar bis 8. März im Laboratorium aufgehängt. Das unterste Internodium, sowie die Blätter bis hoch hinauf, — die oberen nur an der Spitze, — waren völlig trocken. Das zweite Internodium war geschrumpft, der Turgordruck in ihm betrug nach kurzem Quellen in Wasser 38%, während er in den jüngeren, turgeszenten Internodien 32—34% betrug, und die Normalzahlen für die untersten 10—12, für die oberen 20—22% waren. Hier ist also das selbständige Steigen des Turgors in den welkenden Sproßgliedern deutlich; doch nur in den untersten, die folgenden zeigten 24%, also weniger als der Gipfel. Im ganzen also Erhöhung des Gesamtturgors mit Erhaltung der Potentialdifferenz.

Ebenso bei *Tradescantia fluminensis*. Sproßgipfel und Seitenknospen bleiben in trockener Luft wochenlang frisch und nehmen allmählich einen Turgordruck bis 64% an, während die unteren Internodien nur auf 22% kommen. Die Normalzahlen für die untersten Internodien sind 10—12, für die jüngsten 22—24%. Nach einer Woche des Welkens zeigten die untersten turgeszenten 20%, die oberen 30—32%. Im feuchten Raum waren selbst nach drei Wochen (9.—30. Januar) erst unten 14, oben 26% erreicht. Diejenigen Internodien der an freier Luft aufgehängten Stücke, die zwischen den völlig abgetrockneten untersten und den noch reichlich Wasser enthaltenden in der Mitte lagen und stark zusammengefallen aussahen, zeigten nach einer Woche 26%, also höher als die nächstfolgenden, doch tiefer als die obersten. Bei dieser Pflanze gibt wie die *Callisia* allein der saftige Stengel das Wasserreservoir für die junge Knospe ab, da die Blätter durch Eigentranspiration schnell abtrocknen, ausgenommen die jüngsten, falls diese am Stengel bleiben. Abgelöst vertrockneten auch sie rasch, schneller als die mittleren, die ihrerseits wieder die 3 oder 4 ältesten, durch kleineren Umfang und gelblichere Farbe ausgezeichneten, überdauerten, deren Spaltenverschluß nicht so gut funktionierte. Diese Pflanzen sind durch

als bei *Allium Cepa*, wo sie bei dem plötzlichen Übergang zur Trockenheit kaum welkten.

Auch hier zeigten die jüngsten, bei Trockenheit zugewachsenen Blättchen einen Turgordruck, der den der Rüben übertraf.

Beta vulgaris, vom 31. 5.—20. 6. nicht gegossen,

Rübe, ganz welk 65 %,
junge Blätter 70 %.

Weit läßt sich leider das Aussaugen der Rübe nicht treiben, weil sie an der Luft zu schnell welk wird. Daher ist auch das Fallen des Turgordruckes, wie es bei *Allium Cepa* gefunden wurde, hier wenig deutlich.

Schön zeigt sich dieses dagegen bei dem dritten Beispiel für Reservestofforgane, das ich heranziehen will, bei der Kartoffel, *Solanum tuberosum*.

Angetriebene Kartoffelknollen hielt ich in Töpfen das eine Mal feucht, das andere vom 3. Juni ab ganz ohne Wasser und zwar im Dunkeln, weil dabei das Wachstum schneller geht und die plasmolytischen Bestimmungen beträchtlich erleichtert werden, was auch eine größere Genauigkeit zur Folge hat.

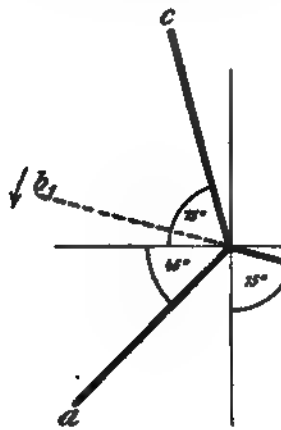
Solanum tuberosum, etiolierte Triebe.

Datum	Feucht		Trocken	
	Länge	Turgor	Länge	Turgor
6. Juni	3 cm	28 %	2 cm	34 %
9. "	5 "	24 "	3 "	30 "
21. "	27 "	20 "	13 "	26 "
6. Juli	53 "	20 "	15 "	24 "
18. "	60 "	20 "	16 "	28 "

Man sieht hier in deutlichen Zahlen, daß der Turgor von Anfang an abnimmt, und zwar nicht nur in den mit Wasser versorgten, sondern auch in den trocken gehaltenen Stücken. Das ist ein fundamentaler Unterschied gegenüber allen früheren Erfahrungen, nur in jungen Keimpflanzen ist ähnliches zu finden, aber auch nur bei Wasserzufuhr¹⁾. In der letzten Reihe der Tabelle sieht man schließlich doch wieder ein Steigen bei den trocken gehaltenen

1) Vgl. p. 128.

Versuch I, 29. Ms
der Pappscheibe abges
15° unter der Horizon
der Horizontalen) und
(Fig. 1). Drehungsri
gesetzt dem Sinne des
a, b, c bezeichneten L
suches zuerst erteilte
gleich weit (um 60°) ei
wirkt. Die Reizungsze
je 10 Minuten, für c je



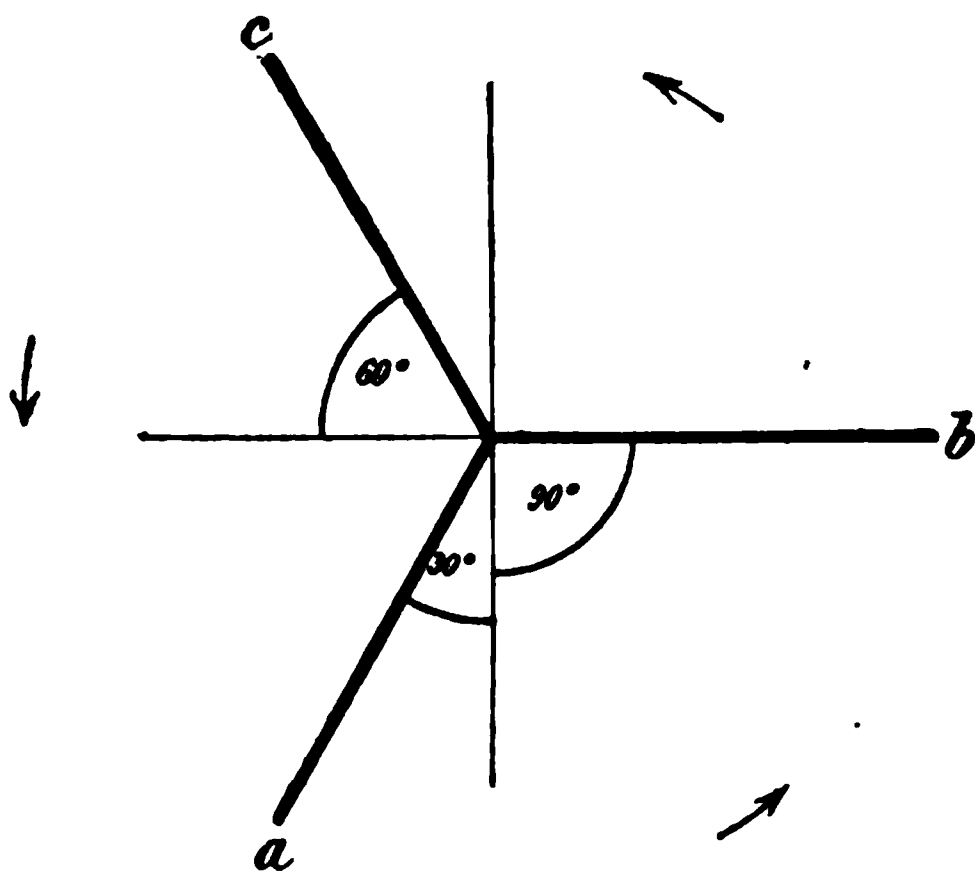
Figur 1.

zum Schlusse. Von den
vier Versuchsobjekten

hatten drei im Sinne der Lage b durch Krümmung reagiert, eines war gerade. Die gleichlange Zeit horizontal aufgestellten Kontrollobjekte hatten normal geotropisch reagiert.

Ist dieser Erfolg aus dem Fittingschen Zeit-Sinusetz vorauszusehen? Wenn die Reizung in der Lage b eine bestimmte Zeit andauert, läßt sich aus der Beziehung zwischen Sinus der Neigungslage und Reizungsdauer für den Eintritt eines resultierenden Nulleffektes der intermittierenden Reizung berechnen, wie lange in den Lagen c und a gereizt werden muß. Wurde für b (75°) die Reizungsdauer 10 Minuten gewählt, so berechnet sich aus der Beziehung Reizungsdauer: Neigungswinkelsinus für jede Teilreizung in der Lage a 6 Minuten 50" und für jede Teilreizung in der Lage c 18 Minuten 40". In unserem Versuch wurde das für Ausbleiben einer resultierenden Krümmung in c nicht eingehalten;

Versuch IV, 5. Juni 1905. Die hier kombinierten Neigungslagen (Fig. 2) waren: die Horizontale (90°) und ihr entgegengesetzt wirkend 150° (Lage *c*) und 30° (Lage *a*). Drehungsrichtung entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers. Dauer der Partialreizungen: in *b* je 10 Minuten, in *c* und in *a* je 7 Minuten. Versuchsbeginn um $8^h 25'$ morgens mit Lage *b*; um $8^h 35'$ Übergang nach *c*; um $8^h 42'$ von *c* nach *a* u. s. f. Temperatur zu Beginn $22,5^\circ \text{C.}$; um $8^h 49'$ $23,0^\circ$; von $9^h 54'$ an bis zum Schluß des Versuches um $12^h 49'$ $23,5^\circ \text{C.}$ Effekt: Alle vier Wurzeln scharf im Sinne von *b* reagiert. Die Kontrollen gut geotropisch. Das Ergebnis ist nach dem Zeit-Sinusgesetz vorauszu-



Figur 2.

sehen; denn für eine zehn Minuten lang dauernde Partialreizung in *b* (90°) sind zur Äquilibration des Krümmungseffektes rechnermäßig je zehn Minuten Reizung in *a* und *c* erforderlich ($\sin 30^\circ = \sin 60^\circ = 0,5$). Bei sieben Minuten Reizung in *a* und *c* muß also Krümmung im Sinne von *b* resultieren.

Versuch V. 6. Juni 1905. Dieselben Neigungslagen (Fig. 2). Jedoch

Dauer der Partialreizungen in *b* 15 Minuten, in *a* und *c* je zehn Minuten. Versuchsbeginn $8^h 25'$ mit Lage *b*; Schluß um $12^h 55'$. Temperatur zu Beginn 23°C. ; um $9^h 23,5^\circ$; um $10^h 35'$ 24° ; von $12^h 30'$ an $24,5^\circ$. Effekt: Alle vier Versuchsobjekte schwach im Sinne von *b* gekrümmt. Kontrollen gut geotropisch.

Versuch VI, 7. Juni 1905. Alles wie im vorigen Versuch, nur die Reizungsdauer in allen Lagen gleich, zehn Minuten. Versuchsbeginn $8^h 20'$, Schluß $12^h 50'$. Effekt: Alle vier Wurzeln gerade. Die Kontrollen geotropisch. Damit ist die theoretische Forderung verifiziert.

Versuch VII, 8. Juni 1905. Kombiniert wurden: die Horizontale (90°) und derselben entgegen wirkend 135° (45° über der Horizontalen) und 45° . Reizungsdauer in 90° 15 Minuten, in den beiden anderen Stellungen je zehn Minuten. Beginn um $8^h 25'$

reihe eine neue Bestätigung des von Fitting für die intermittierende geotropische Reizung aufgedeckten Gesetzes zu erblicken, daß die Reizungsdauer in verschiedenen geotropischen Neigungswinkeln bei konstantem Effekte umgekehrt proportional ist dem Sinus des Neigungswinkels.

Am Schlusse unserer Zusammenstellung des bezüglich der geotropischen Neigungslagen gesammelten experimentellen Materials haben wir noch einer Reihe von Versuchen zu gedenken, welche Frank Darwin¹⁾ gelegentlich einer Untersuchung der Lokalisation der geotropischen Sensibilität bei Graskeimlingen anstellte. Keimlinge von *Setaria* oder *Sorghum* wurden mit der Spitze vorsichtig in Glasröhrchen fixiert, und nun die Glasröhrchen, welches Keimling samt dem anhängenden Korn bequem frei trug, in verschiedenen Richtungen zur Vertikale unbeweglich orientiert. Die Keimlinge führen unter diesen Verhältnissen infolge der dauernden geotropischen Reizung der Spitze in ihrer Wachstumszone stetig Krümmungen aus, welche sich zu korkzieherartigen Windungen ausbilden. Darwin schienen diese Krümmungen am intensivsten zu sein, wenn der Keimling mit seinem Kotyledo schräg abwärts geneigt fixiert war; doch sagt Darwin selbst, daß er nicht zu einem bestimmten Schlusse kommen konnte. Jedenfalls waren aber die Krümmungen stärker bei 135° Ablenkung als bei 45°, was den oben mitgeteilten Daten über Nachwirkungsgröße und Antifermentreaktion zu korrespondieren scheint.

Massart²⁾ berichtet über Versuche mit *Lysimachia Nummularia*, die in methodischer Hinsicht mit den Versuchen Darwins Ähnlichkeit besitzen. Er ließ die dorsiventralen Sprosse einige Tage unter Wasser wachsen, wobei dieselben eine geotropische Umstimmung erleiden, und aus klinogeotropen Organen parallelotrope Sprosse ohne Dorsiventralität werden. Nun befestigte er sie mittels Röhrchen aus dickem Strohalm, welche in einer Gipscheibe in verschiedenen Neigungslagen eingekittet waren, mit der Spitze in den differenten Lagen und beobachtete die Verschiedenheit der Krümmungsgröße. Die stärkste Krümmung erschien bei den in horizontaler Lage mit der Spitze fixierten Exemplaren.

1) Fr. Darwin, Annals of Botany, Vol. XIII (1899), p. 574.

2) J. Massart, Sur l'Irritabilité des Plantes Supérieures. Extr. des Mémoires couronnés par l'Acad. roy. de Belg. Tom. LXII (1902), p. 29.

β . Im Dunkeln
blaßgrün.

3. Alanin.

α . Im Lichte
Algenmasse lebhaft

β . Im Dunkeln
blaßgrün.

4. Asparagin.

α . Im Lichte
als mit Glykokoll und

β . Im Dunkeln
eine ziemlich große

5. Harnstoff.]
später dunkelgrün.
Menge.

6. Harnsäure.

Beinahe ebensoviel
(etwa 2 Monate) —

7. Ammoniums

α . Im Lichte
Algenmasse dunkelgrün

β . Im Dunkeln
hellgrün.

8. Ammoniumnitrat.

α . Im Lichte. Eine große Menge schon nach 14 Tagen.
Algenmasse dunkelgrün.

β . Im Dunkeln. Eine ziemlich große Menge. Algenmasse
hellgrün.

9. Calciumnitrat.

α . Im Lichte. Eine ziemlich große Menge. Algenmasse
lebhaft grün. Weniger als mit Glykokoll und Alanin, aber mehr
als mit Asparagin. Die Entwicklung geht langsamer vor sich, als
mit NH_4NO_3 .

β . Im Dunkeln. Eine mäßige bis ziemlich große Menge.

10. Kaliumnitrat.

α . Im Lichte. Eine ziemlich große Menge. Algenmasse
lebhaft grün. Die Entwicklung geht langsamer vor sich, als mit
 NH_4NO_3 .

ich
verb:

jedo
festg
bei

stam
dien

4. E

gege
NH₄
Veri
dies:

sehr

1.

2. ~~ammoniumnitrat~~

α. Ohne Glukose. Eine geringe Menge und in einigen Kölbchen eine mäßige Menge.

β. Mit Glukose. Eine große Menge. Schnellere Entwicklung.

3. Calciumnitrat. Eine geringe bis mäßige Menge.

4. Kaliumnitrat. Eine geringe bis mäßige Menge. Ebensoviel wie mit NH₄NO₃ (ohne Glukose), in einem Kölbchen sogar etwas mehr.

5. Kaliumnitrit. Eine geringe Menge. Nach langem Stehen — eine ziemlich große Menge. Algenmasse dunkelgrün.

6. Harnstoff. Eine sehr geringe Menge.

Aus diesen Versuchen folgt, daß die Höhe des Nährwertes verschiedener N-Quellen bis zu gewissem Grade von der Gegenwart der Glukose abhängig ist. Bei Gegenwart von Glukose ist zB. NH₄NO₃ sicher eine bessere N-Quelle als KNO₃; bei Abwesenheit der Glukose, d. h. bei der autotrophen Ernährung, haben beide

Die Grenzkonzentration liegt also in der Nähe von 4‰.

Die Tatsache, daß *Chlorella communis* fähig ist, so starke Konzentrationen dieses Salzes zu vertragen, ist insofern bemerkenswert, als die Versuche mit anderen Organismen negative Resultate schon bei schwächeren Konzentrationen gegeben haben (siehe darüber Czapek, II, Bd., p. 914).

Einige Worte über den Einfluß der Konzentrationen des Harnstoffes auf die Entwicklung möchte ich noch hier anfügen. Für diese Versuche wurde der Harnstoff in folgenden Konzentrationen angewendet: 0,1; 0,25; 0,5 und 1‰. Es zeigte sich, daß die Entwicklung in den Lösungen von 0,1—0,25‰ am schnellsten vor sich geht. Nach 40 Tagen hat sich die Algenmenge in allen Lösungen ausgeglichen.

B. Konzentrationen der Zuckerarten.

a) Glukose.

Für die Grundnährlösung wurde folgende Zusammensetzung gewählt:

NH_4NO_3	. . .	0,25‰,
K_2HPO_4	. . .	0,1
MgSO_4	. . .	0,025,
FeCl_3	. . .	Spur.

Auf je 100 ccm dieser Lösung wurden an Glukose nachstehende Quantitäten zugesetzt: 0; 0,005; 0,01; 0,05, 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 5; 8; 10; 12; 15; 20; 22 und 25 g.

Die Versuchsanstellung war diejenige, wie sie bereits oben angegeben: Licht bei CO_2 -Zutritt. Zimmertemperatur. Das Impfmaterial stammte aus einer 12 Tage alten Kultur. [Als Nährlösung: 0,5‰ NH_4NO_3 + 1‰ Glukose + 0,1 K_2HPO_4 + 0,025 MgSO_4 + FeCl_3 (Spur)].

Anfang der Versuche: 16. XII. 04.

Die Versuchsergebnisse waren folgende.

22. XII. 04 (6 Tage nach der Impfung).

Konzentration ‰	Vermehrungsmenge
0	Kaum merkliche Entwicklung.
0,005	Kaum merkliche Entwicklung.
0,01	Eine sehr geringe Menge.

Nach zwei Monaten war die Algenmenge in den Lösungen von 0—0,01% größer, doch erreichte sie nicht das Stadium der

300

200

100

50

25

12,5

6,25

Entwicklung wie bei den starken Konzentrationen (0,05—1%). In den letzteren vergrößerte sich auch die Zahl der Zellen. In den

der allgemeinen Nährlösung.

1. Versuche mit Nährlösungen von gleicher Quantität und verschiedener Konzentration der Nährstoffe.

Hierzu diente eine Nährlösung mit folgenden Substanzen:

NH_4NO_3	. . . .	0,5 %,
Glukose	. . . .	2,
K_2HPO_4	. . . .	0,2,
MgSO_4	. . . .	0,025,
FeCl_3	. . . .	Spur.

Diese Nährlösung wurde graduell mit destilliertem Wasser verdünnt (vgl. Artari IV, p. 594). Für jede Konzentration bestimmte ich fünf Kölbchen, von denen jedes 50 ccm Nährlösung enthielt. Das Impfmateriel lieferte eine 12 Tage alte Kultur.

1) Die Versuche mit verdünnten Lösungen (0,005—0,05%) ließen keinen merklichen Einfluß auf die Entwicklung der Alge erkennen.

mehrungsenergie betrifft, so stellte sich heraus, daß die Entwicklung in den Konzentrationen von 0,1—0,5%, am schnellsten stattfindet. In noch schwächeren Konzentrationen ist das Wachstum langsamer, in den stärkeren, von 2% an, dagegen sehr langsam. Bei einer Wiederholung dieser Versuche ergaben sich ähnliche Resultate.

2. Konzentrationen der Zuckerarten.

a) Glukose.

Hier habe ich die Versuche mit ganz schwachen Konzentrationen ausgeführt, deren Einfluß ich noch nicht untersucht hatte. Die absolute Quantität des zu prüfenden Stoffes für jedes Kulturkölbchen war eine sehr geringe; denn die Versuche sollten klarstellen, inwieweit minimale Glukosemengen einen fördernden Einfluß auf die Entwicklung von *Stichococcus bacillaris* ausüben. — Die Zusammensetzung der Grundnährlösung war folgende: 0,5%

Versuchsdauer: 38 Tage.

Es ließen sich folgende Resultate erzielen:

Konzentration %	Vermehrungsmenge
5	Eine ziemlich große bis große Menge.
8	Eine mäßige Menge. Eine dünne, dunkelgrüne Algenschicht, in der Mitte eine dichtere Partie.
10	Eine geringe Menge. Eine dünne, lebhaft grüne Algenschicht. Bedeutend weniger als bei 8%.
12	Eine geringe Menge. Etwas weniger als bei 10%.
15	Eine sehr geringe Menge.

Die Grenzkonzentration läßt sich ungefähr mit 15% festsetzen.

III. Versuche mit Flechtengonidien aus *Xanthoria parietina*.

Die Versuche beziehen sich nur auf verschiedene Zuckerarten,
und zwar in starken Konzentrationen.

d) Saccharose.

Konzentration %	Vermehrungsmenge
20	Eine mäßige Menge. . .
25	Eine geringe bis mäßige Menge.
30	Eine sehr geringe bis geringe Menge.
35	Eine sehr geringe Menge.
40	Keine merkliche Entwicklung.

Die Grenzkonzentration dürfte hiernach ungefähr zwischen 30—35 % liegen.

Nach diesen Versuchen erscheinen die Grenzkonzentrationen für Glukose und Saccharose etwas herabgedrückt, gegenüber der Angabe in meiner I. Abhandlung [Artari IV] über diesen Gegenstand. Dies erklärt sich daraus, daß zur Festsetzung der Grenzkonzentration früher das vollständige Ausbleiben einer Entwicklung für mich maßgebend war. Ich habe jedoch nunmehr bei der Bestimmung der Grenzkonzentration darauf Rücksicht genommen, daß die Entwicklung einer minimalen Algendecke noch konstatiert werden muß, und demnach also ein ganz geringes, aber sicher zu beobachtendes Wachstum stattfindet.

IV. Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

1. Es läßt sich bei *Chlorella vulgaris* eine Reihe von ernährungsphysiologischen oder biologischen Rassen konstatieren. Dieselben können durch ihr Verhalten zu den N- und C-Quellen unterschieden werden. Dazu kommen noch andere Unterscheidungsmerkmale. Diese physiologischen Rassen kann man auch als Arten auffassen.

2. Die Konzentrationen des NH_4NO_3 , das als N-Quelle in der Nährlösung fungiert, üben in den Grenzen von 0,05 bis 0,5 % für *Chlorella communis* und bis 1 % für *Stich. bacillaris* keinen bedeutenden Einfluß auf die Entwicklung aus. Bei höheren Konzentrationen wird das Wachstum viel schwächer und langsamer, und etwa bei 5 % wird dasselbe eingestellt. Aus der Tatsache, daß schon bei 2 % beide Algen sich in geringer Menge entwickeln, ist zu schließen, daß dieses Salz nicht nur osmotisch, sondern auch in anderer Weise stark hemmend wirkt.

3. Der Nährwert der verschiedenen N-Quellen ändert sich etwas, je nach Vorhandensein oder Abwesenheit von Glukose in der Nährlösung.

- Radais, Sur la culture pure d'une algue verte, formation de Chlorophylle à l'obscurité.
Comptes rendus de l'Ac. d. sc. 1900.
- Richter, A., Anpassung der Süßwasseralgen an Kochsalzlösungen 1892.
- Stange, B., Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei
einigen phanerogamen Pflanzen. Bot. Zeit. 1892.
- Zopf, W., Zur Kenntnis der Organismen des amer. Baumwollsaatmehl. In W. Zopf's
Beitr. zur Physiol. und Morph. niederer Organismen.
-

flüssigkeit
 sie sich g
 vollkomme
 NH_4Cl) fi
 dem Vorst
 selben Re

Es m
 terien in
 Salze geb
 unter bes
 anderer I
 mit einer
 KCl bezw
 sich, daß
 Medium k
 die Bakte
 durch die
 man fern
 Medium g
 NH_4Cl r
 K_2HPO_4
 alkalische
 salze die
 fließt lass

Grenzen) verhindern. Umgekehrt ließ sich feststellen, daß das $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, wenn es dem alkalischen Medium zugegeben wird, die Reaktion auf NH_4Cl und NH_4NO_3 hindert, im sauren Medium gegen K_2HPO_4 abstumpft. Hieraus folgt mit Sicherheit, daß das $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ in den beiden Medien durch verschiedene Sensibilitäten wahrgenommen wird.

Zugleich erscheint dieses Resultat geeignet, zu entscheiden, welche Bestandteile (Ionen) in den gebotenen Lösungen die wirksamen sind, indem es die Annahme sehr wahrscheinlich macht, daß im sauren Medium bestimmte phosphorhaltige Anionen die Anlockung bedingen, während im alkalischen das Kation NH_4^+ eine solche Wirkung ausübt — eine Annahme, aus der sich ohne

1) Geschieht die Zugabe der K_2HPO_4 -Lösung zum sauren Medium, so muß letztere, da sie schwach alkalisch reagiert, vorher mit etwas H_3PO_4 schwach angesäuert werden. Es entsteht dadurch etwas KH_2PO_4 , dessen Menge aber im Vergleiche zu der des K_2HPO_4 sehr klein ist.

haben. — Die erwähnten Differenzen sind nur so zu erklären, daß mir entweder eine andere Bakterienspezies oder -Varietät vorlag, als Pfeffer, oder daß dieselbe Art infolge irgend welcher Beeinflussungen ihre Eigenschaften geändert hat. Was von beiden zutrifft, vermag ich nicht zu entscheiden.

Es handelte sich nun darum, zu untersuchen, ob *Spirillum rubrum* ähnlich wie *Bazillus* z verschiedene Reizmittel zu unterscheiden imstande ist, mit anderen Worten, ob diese, gegeneinander geprüft, den Reizerfolg unverändert lassen oder aufheben. Wenn wir einmal ganz von den sich abspielenden physiologischen Vorgängen absehen, und die Frage rein rechnerisch betrachten, so ergeben sich folgende drei Möglichkeiten:

1. Der den Bakterien zugegebene Stoff a stumpft gegen den in der Kapillare befindlichen Stoff b ab und umgekehrt auch b gegen a.

1) Pfeffer, Tübinger Untersuchungen II, p. 614.

2. Bakterien in $\frac{1}{100}$ KCl. Medium homogen.
Resultat dasselbe wie 1.

3. Bakterien in $\frac{4}{100}$ NH_4Cl . Medium homogen.

Konzentration der Salz- lösung	Reaktion auf K_2SO_4	Reaktion auf $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
$\frac{1}{10}$	a_2	a_2
$\frac{5}{100}$	a_2	a_2
$\frac{2}{100}$	a_2	a_2
$\frac{1}{100}$	a_2	a_2
$\frac{7}{1000}$	a_1	a_1
$\frac{4}{1000}$	$0-a_1$	$0-a_1$
$\frac{2}{1000}$	0	0

4. Bakterien in $\frac{1}{100}$ NH_4Cl . Medium homogen.
Resultat dasselbe wie 3.

5. Bakterien in $\frac{4}{100}$ K_2SO_4 . Medium homogen.

Konzentration der Salz- lösung	Reaktion auf KCl	Reaktion auf NH_4Cl
$\frac{1}{10}$	a_2	a_2
$\frac{4}{100}$	a_2	a_2
$\frac{1}{100}$	a_2	a_2
$\frac{7}{1000}$	a_1	a_1
$\frac{4}{1000}$	$0-a_1$	$0-a_1$
$\frac{2}{1000}$	0	0

6. Bakterien in $\frac{1}{100}$ K_2SO_4 . Medium homogen.
Resultat dasselbe wie 5.

7. Bakterien in $\frac{4}{100}$ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Medium homogen.

Konzentration der Salz- lösung	Reaktion auf KCl	Reaktion auf NH_4Cl
$\frac{1}{10}$	a_2	a_2
$\frac{4}{100}$	a_2	a_2
$\frac{1}{110}$	a_2	a_2
$\frac{7}{1000}$	a_1	a_1
$\frac{4}{1000}$	$0-a_1$?
$\frac{2}{1000}$	0	0

der B
vermut
zukom
für Sa
Lösung
demen
schma
Amylo
das V
gefund
haben.
Schlus
doch c
ganz e
bestim
als de
ein sel
gaben
diejeni
aber e
immerl
die Se
Versuc
N

war, erschien eine vorläufige Mitteilung von Shibata¹⁾ über die Reizbarkeit der *Salvinia*-Spermatozoiden, in der derselbe Gegenstand berührt wird. Shibata fand starke Anlockung bei Darbietung von Apfelsäure, Maleinsäure und Calcium- und Strontiumsalzen und stellte fest, daß die Anlockung durch die letzteren beiden Gruppen von Stoffen auf einem anderen Perzeptionsvorgang beruht als die durch Apfel- und Maleinsäure hervorgerufene. Damit ist im Prinzip für Pteridophytenspermatozoiden dasselbe gezeigt, was für die Bakterien gilt, und es bleibt abzuwarten, wie weit die Analogien im speziellen gehen. Aus der Mitteilung Shibatas ist noch nicht zu ersehen, ob die Reizbarkeit für Apfelsäure einerseits und Maleinsäure andererseits dieselbe ist, und dasselbe gilt für Calcium und Strontium. Ich möchte dies aller-

1) Pfeffer, Tübinger Untersuchungen, Bd. II, p. 649 u. 661.

2) Rother, Flora, Bd. 88, p. 387.

3) The Botanical Magazine, Tokyo, Vol. XIX, Nr. 219.

11

Fig. 3 a und b. *Ricinus communis*. Stücke aus dem Querschnitt durch den Holzkörper eines 10 Wochen in horizontaler Lage gehaltenen Hypokotyls. Vergr. 400. Schnitte mit KOH behandelt. Fig. 3 a aus der Mitte der Oberseite (o), Fig. 3 b aus der Mitte der Unterseite (u).

Unterseite verdickt werden; doch erreichen die Wandverdickungen der Gewebe der Unterseite nie die Stärke derjenigen der Kontrollpflanzen. Auch in diesen Versuchen sind die Bastzellwände der Oberseite immer noch deutlich stärker verdickt als diejenigen der Kontrollpflanzen, nur in einigen Fällen waren hier die Wandverdickungen in Versuchs- und Kontrollpflanzen gleich.

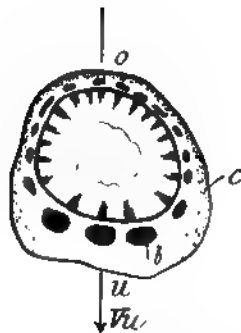
Fig.
schem.
sont:
b, pr

Fig. 6. *Euphorbia heterophylla*. Halbschem. Querschn. aus der geotr. reaktionsf. Zone eines horizontal gehaltenen Sprosses. Versuchsdauer 12 Tage. Vergr. 10. Die Figur zeigt die verschiedene Ausdehnung der Gewebe auf Oberseite (*o*) und Unterseite (*u*). *c* Kollenchym, *b* Bastbündel.

ziehen sich die auftretenden anatomischen Veränderungen nur auf primär angelegte Gewebe, in denen auch normalerweise Verdickungen der Membranen ausgebildet werden. So gelang es auch in Blattstielen von *Helleborus niger* (Versuch 5, p. 315), wo die primäre Anlage von Bastbündeln vorhanden ist, und wo zuweilen, wie bekannt (vgl. Pfeffer 1904, Bd. II, p. 148), am Grunde stark verdickte

Bastzellen auftreten, weder durch Horizontalzug — was Hegler l. c. angibt —, noch auch durch Krümmungs- und Schwerkrafts-

16. 1897. Bügea, B
 17. 1898. Bicombe, B
Ann. des sc. nat.,
 18. 1899. Meischke, *Jahrb. v. wissensch. Bot.*, Bd. XXVIII, p. 507.
 19. 1900. Noll, Der Einfluß von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. *Landw. Jahrbücher*, Bd. 29, p. 422.
 20. 1902. J. Massart, Sur l'irritabilité des plantes supérieures, *Mém. cour. de l'acad. roy. de Belgique*, p. 26ff.
 21. 1902. Vöchting, Zur experimentellen Anatomie. *Nachr. der kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen*, Bd. 38, Heft 5, Sep.-Abdr. p. 5.
 22. 1904. Ball, Der Einfluß von Zug auf die Ausbildung von Festigungsgewebe. *Jahrb. f. wissensch. Bot.*, Bd. XXXIX, p. 306, 327ff.
 23. 1904. Jost, *Pflanzenphysiologie*, p. 537.
 24. 1904. Keller, Über den Einfluß von Belastung und Lage auf die Ausbildung von Festigungsgewebe. *Diss. d. Univ. Kiel*.
 25. 1904. Pfeffer, *Physiologie*, Bd. II, die betr. §§.
 26. 1905. Fitting, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. *Jahrb. f. wissensch. Bot.*, Bd. XLJ, Heft 2 u. 3, p. 223ff.
-

(10 ccm = 2,5 ccm $\frac{n}{10}$ AgNO₃) + 30 ccm Wasser + 4 ccm Chloroform.

	17. Okt.	22. Okt.	27. Okt.	6. Nov.	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
I. Ungereizt . . .	2,1 ccm	1,7 ccm	1,3 ccm	0,5 ccm	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
II. Sofort verarbeitet .	2,1 "	1,8 "	1,6 "	1,2 "	" "
III. Nach 90 Min. . .	2,1 "	1,8 "	1,6 "	1,0 "	" "
IV. Nach 120 Min. .	2,1 "	1,8 "	1,5 "	1,0 "	" "

Vers. IV. Temp. 17° C. Vier Proben: I. ungereizt, II. sofort verarbeitet nach Reizung, II. nach 150 Min., IV. nach 180 Min. Vertikalstehen. Sonst alles wie in Vers. III.

	18. Okt.	23. Okt.	28. Okt.	7. Nov.	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
I. Ungereizt . . .	2,1 ccm	1,6 ccm	1,2 ccm	0,4 ccm	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
II. Sofort verarbeitet .	2,1 "	1,8 "	1,6 "	1,2 "	" "
III. Nach 150 Min. .	2,1 "	1,7 "	1,4 "	0,6 "	" "
IV. Nach 180 Min. .	2,1 "	1,7 "	1,4 "	0,6 "	" "

Vers. V. Fortführung der Reihe mit 3½ Stunden und 4 Stunden Vertikalstehens. Alle Daten wie in den beiden letzten Versuchen.

	19. Okt.	24. Okt.	29. Okt.	8. Nov.	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
I. Ungereizt . . .	2,1 ccm	1,6 ccm	1,2 ccm	0,5 ccm	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
II. Sofort verarbeitet .	2,1 "	1,8 "	1,6 "	1,2 "	" "
III. Nach 3½ Stdn. .	2,1 "	1,7 "	1,4 "	0,8 "	" "
IV. Nach 4 Stdn. . .	2,1 "	1,6 "	1,2 "	0,5 "	" "

Vers. VI. Fortführung mit längeren Zeiträumen. Temp. 17° C. Alles sonst wie voranstehend.

	20. Okt.	25. Okt.	4. Nov.	9. Nov.	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
I. Ungereizt . . .	2,1 ccm	1,6 ccm	0,6 ccm	0,2 ccm	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
II. Sofort verarbeitet .	2,1 "	1,8 "	1,2 "	0,9 "	" "
III. Nach 5 Stdn. . .	2,1 "	1,6 "	0,6 "	0,2 "	" "
IV. Nach 6 Stdn. . .	2,1 "	1,6 "	0,6 "	0,2 "	" "

Vers. VII. Fortführung. Alles sonst wie voranstehend.

	22. Okt.	27. Okt.	6. Nov.	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
I. Ungereizt . . .	2,1 ccm	1,6 ccm	0,6 ccm	$\frac{n}{10}$ AgNO ₃
II. Sofort verarbeitet .	2,1 "	1,8 "	1,4 "	" "
III. Nach 7 Stdn. . .	2,1 "	1,6 "	0,6 "	" "
IV. Nach 8 Stdn. . .	2,1 "	1,6 "	0,6 "	" "

2.

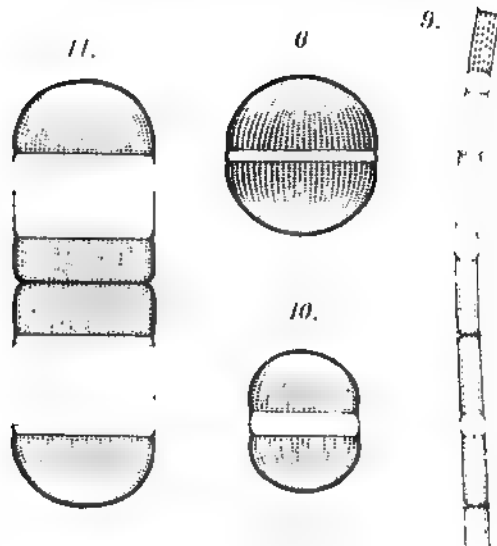
3.

4.

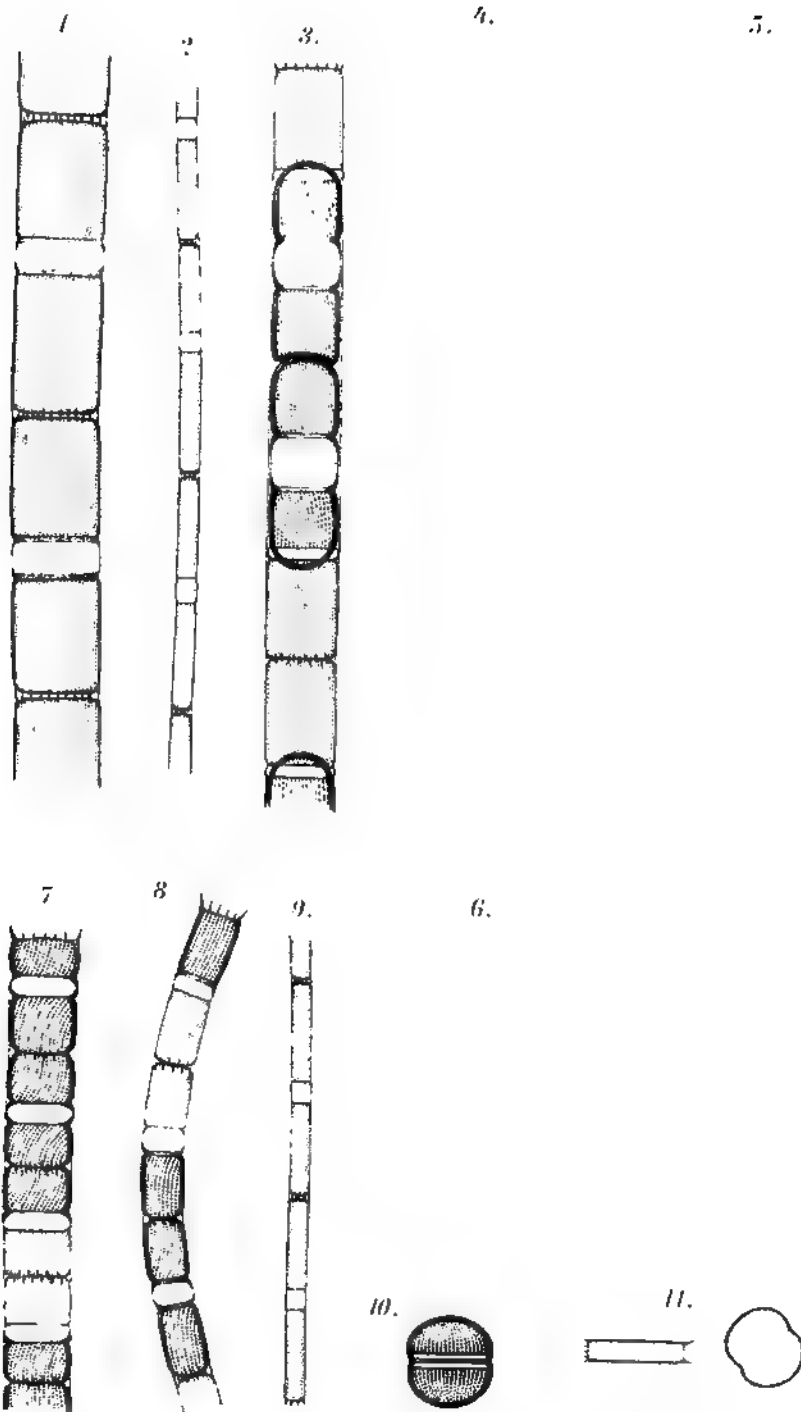
5.

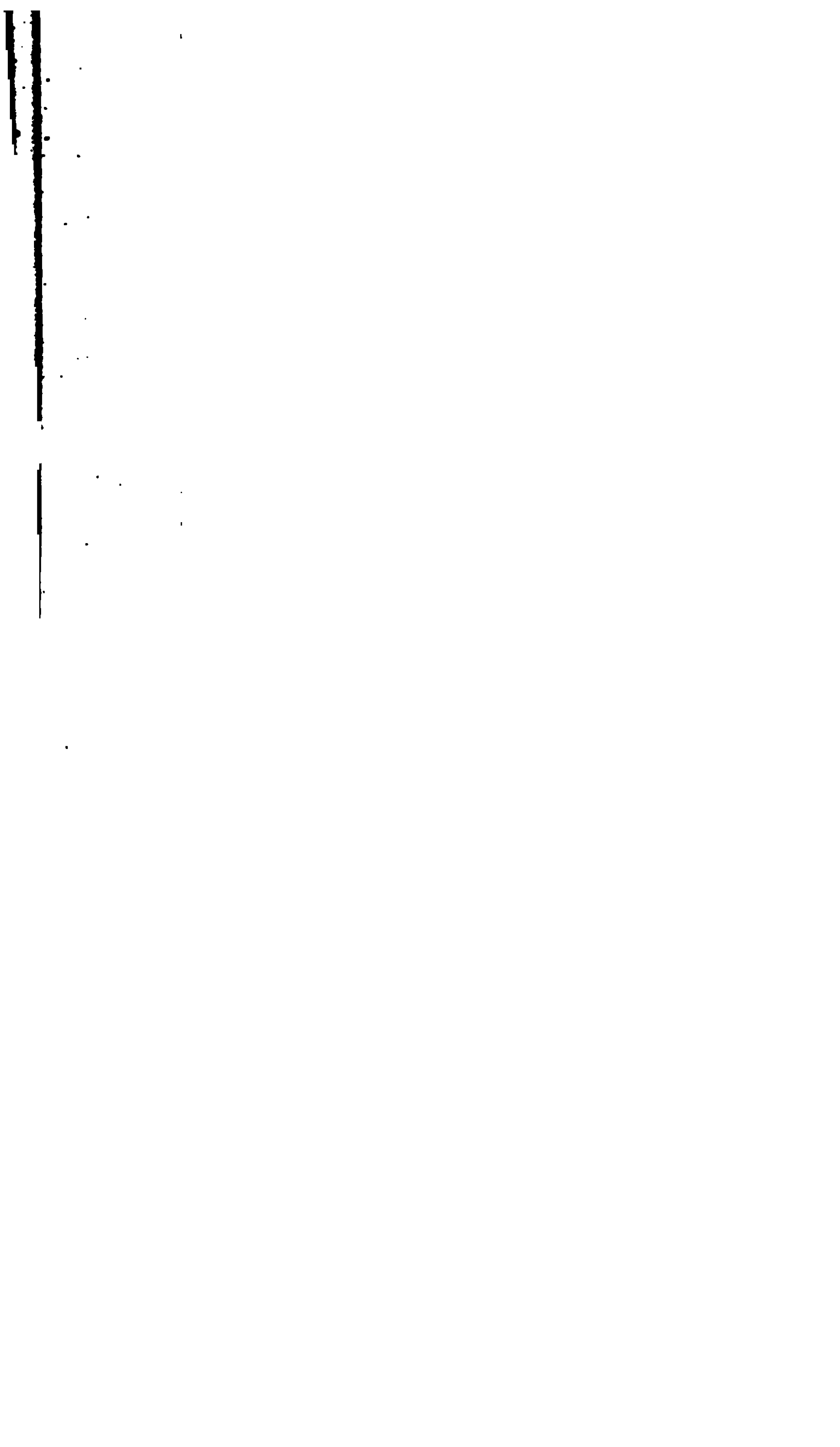
7.

8.



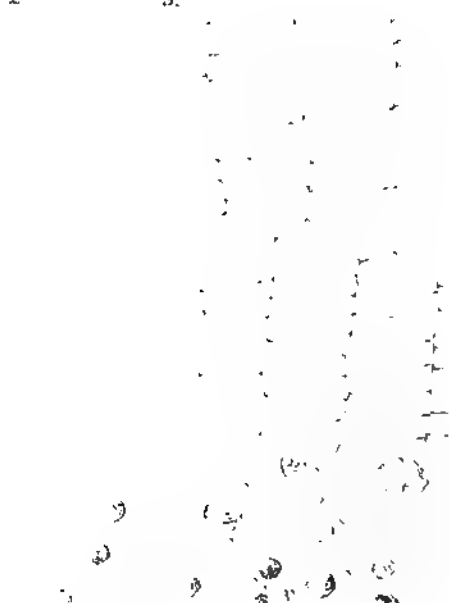
1





2

3



Ed. 10. 1894. 22.

F. Lamm. Lith. Inst. Berlin

1. The first part of the document is a list of names and addresses.

2. The second part of the document is a list of names and addresses.

3. The third part of the document is a list of names and addresses.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses.

5. The fifth part of the document is a list of names and addresses.

6. The sixth part of the document is a list of names and addresses.

7. The seventh part of the document is a list of names and addresses.

8. The eighth part of the document is a list of names and addresses.

9. The ninth part of the document is a list of names and addresses.

10. The tenth part of the document is a list of names and addresses.

